

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ О.В. Гондляр
«__» _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

**на тему: «Фасувально-пакувальний агрегат для пакування
будівельної мастики з модернізацією дозувального пристрою»**

Виконав:

студент 2 курсу, групи ЛУ-71мп
Дудкін Федір Олегович _____

Керівник:

доцент, к.т.н., Сідоров Дмитро Едуардович _____

Консультант з розділу модернізація:

доц. каф. ХПСМ, д.т.н. Щербина В.Ю. _____

Консультант з розділу технологія монтажу та експлуатації:

ст.викл. каф. ХПСМ Борщик С.О. _____

Консультант з розділу механотроніка:

доц. каф. гідравліки і механотроніки, к.т.н. Левченко О.В. _____

Рецензент:

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

Київ – 2018 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність – 131 - Прикладна механіка

Спеціалізація – Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання пакування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

О.В.Гондлях

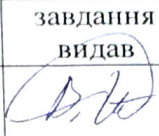
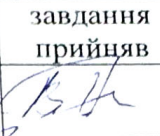
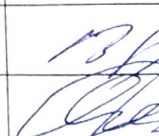
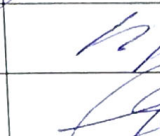

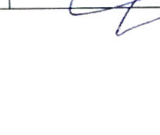
«___» _____ 2018 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту**

Дудкіна Федора Олеговича

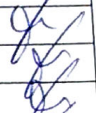
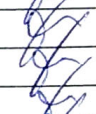
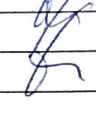





1. Тема дисертації «Фасувально- пакувальний агрегат для пакування будівельної мастики з модернізацією дозувального пристрою», науковий керівник дисертації к.т.н., доц. Сідоров Дмитро Едуардович, затверджені наказом по університету від «___» _____ 20__ р. № _____
2. Термін подання студентом дисертації _____
3. Об'єкт дослідження _____
4. Вихідні дані _____
5. Перелік завдань, які потрібно розробити _____
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу _____
7. Орієнтовний перелік публікацій _____

8. Консультанти розділів дисертації*

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Наукові розробки, плагіат | Щербина В.Ю., доцент каф. ХПСМ |  |  (7) |
| Монтаж та експлуатація | Борщик С.О., ст. викл. каф. ХПСМ |  |  |
| Механотроніка | Левченко О.В., доцент кафедри гідравліки і механотроніки |  |  |

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання магістерської дисертації | Термін виконання етапів магістерської дисертації | Примітка |
|-------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Отримання завдання згідно диплом. проекту | 31.08.2018 |  |
| 2 | Проголошення президиумської проєкції | 03.09 - 28.10.2018 |  |
| 3 | Здійснення пошуку літератури | 29.10 - 04.11.2018 |  |
| 4 | Обґрунтування моделі дисертації | 05.11 - 11.11.2018 |  |
| 5 | Виконання Розділу "Технічний завдання" "Додаток" | 12.11 - 25.11.2018 |  |
| 6 | Виконання Розділу "Технічний завдання" "Додаток" | 26.11 - 02.12.2018 |  |
| 7 | Виконання Розділу "Механотроніка" | 03.12 - 09.12.2018 |  |
| 8 | Здачі дипломного проекту | 18.12.2018 |  |

Студент

Науковий керівник дисертації



Реферат

Пояснювальна записка до магістерської дисертації на тему «Фасувально- пакувальний агрегат для пакування будівельної мастики з модернізацією дозувального пристрою» обсягом аркушів, рисунків, таблиць.

Проектом передбачається вивчення роботи агрегата та розробка дозувального пристрою.

Агрегат АРМ призначений для фасування і та пакування пластичних матеріалів у брикети. Агрегат АРМ може бути встановлений на будівельних заводах заводах та комбінатах. Він може працювати незалежно від іншого обладнання, а також на поточних лініях.

Базова конструкція агрегату мала ряд недоліків, для їх усунення був проведений літературно - патентний огляд і обрано модернізацію дозувального пристрою за рахунок встановлення вертикального дозатора, а також встановлення у завантажувальний бункер додаткового шнека з метою поліпшення подачі продукту.

Ефективність проведення модернізації представлена в економічній частині проекту.

В пояснювальній записці в достатньому обсязі представлені розрахунки до фасувально-пакувального агрегату, проведено автоматизацію виробничого процесу, розглянуті основні вимоги до техніки безпеки та навколишнього середовища при роботі з агрегатом.

ДОЗАТОР ШНЕК ФАСУВАННЯ ПРОДУКТИВНІСТЬ
ТРАНСПОРТЕР

Реферат

Пояснительная записка до магистерской диссертации на тему «Фасовочно-упаковочный агрегат для упаковки строительной мастики с модернизацией механизма дозирования» объемом листов, рисунков, таблиц.

Проектом предусматривается изучение работы агрегата и разработка дозирующего устройства.

Агрегат АРМ предназначен для фасовки и упаковки пластичных материалов в брикеты. Агрегат АРМ может быть установлен на строительных заводах и комбинатах. Он может работать независимо от другого оборудования, а также на поточных линиях.

Базовая конструкция агрегата имела ряд недостатков, для их устранения был проведен литературно - патентный обзор и выбрана модернизация дозирующего устройства за счет установки вертикального дозатора, а также установки в загрузочный бункер дополнительного шнека с целью улучшения подачи продукта.

Эффективность проведения модернизации представлена в экономической части проекта.

В пояснительной записке, в достаточном объеме представлены расчеты к фасовочно-упаковочному агрегату, проведена автоматизация производственного процесса, рассмотрены основные требования к технике безопасности и окружающей среды при работе с агрегатом.

ДОЗАТОР ШНЕК ФАСОВКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

ТРАНСПОРТЕР

Abstract

Explanatory note to the Master Thesis on " Filling and packaging machine for packing construction mastics with the modernization of the metering device " in volume sheets, drawings , tables.

The project provides the study of the unit and the development of the metering device .

i

ARM unit designed for packing plastic materials into briquettes . ARM unit can be installed on building factories and mills . It can operate independently of the other equipment, as well as on the production lines .

The basic design of the unit had a number of shortcomings and their elimination was held literary - patent review and modernization of the selected metering device by installing vertical dispenser, as well as installation of additional auger hopper to improve product flow .

The effectiveness of economic modernization is presented in the economic part.

In explanatory note presented sufficient calculations to the filling - packaging unit, held automation of the production process , the basic requirements for safety and the environment while operating the machine .

AUGER FILLER PERFORMANCE PACKAGING
CONVEYOR

І.ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

| Зміст | Стор. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Вступ | 3 |
| 1. Призначення та галузь застосування фасувально-пакувального агрегату | 5 |
| 2. Технічна характеристика базової машини | 6 |
| 3. Опис конструкції, її основних частин та принцип дії | 8 |
| 4. Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування модернізованої конструкції..... | 12 |
| 5. Автоматизація фасувально-пакувального агрегату для пакування будівельної мастики в брикети | 21 |
| 5.1. Аналіз технологічного процесу пакування будівельної мастики в брикети | 21 |
| 5.2. Опис розробленої схеми автоматизації пакування будівельної мастики в брикети | 22 |
| 5.3. Висновки щодо виконання поставлених задач автоматизації | 30 |
| 6. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях..... | 34 |
| 6.1 .Повітря робочої зони..... | 35 |
| 6.2. Виробничий шум і вібрація..... | 36 |
| 6.3 .Небезпека враження електричним струмом..... | 37 |

| | | |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.4. | Вплив деталей та механізмів що рухаються і обертаються..... | 42 |
| 6.5. | Виробниче освітлення..... | 43 |
| 6.6. | Надзвичайні ситуації..... | 43 |
| 7. | Економіка з розробкою стартап-проекту | 43 |
| 7.1. | Обґрунтування доцільності проектування нових машин з урахуванням вимог споживача | |
| 7.2. | Розрахунок витрат для обґрунтування ціни | 43 |
| 7.2.1 | .Загальний розрахунок собівартості | 49 |
| 7.2.2. | Розрахунок ціни..... | 53 |
| 7.3. | Розрахунок техніко-економічних показників до та після оновлення обладнання..... | 54 |
| 7.3.1 | .Капітальні витрати..... | 54 |
| 7.3.2 | .Річна продуктивність | 56 |
| 7.3.3. | Поточні витрати на утримання та експлуатацію базового та проектного обладнання | 59 |
| 7.4. | Розрахунок ефективності нового обладнання | 61 |
| 7.4.1 | .Верхня межа ціни | 61 |
| 7.4.2. | Сукупний ефект у виробника та у споживача | 62 |
| 8. | Очікувані механіко-економічні показники та висновки..... | 65 |
| | Література | 67 |
| | Додаток. Перелік розглянутих патентів..... | 68 |

Вступ

Створення прогресивних технологій з мінімальними витратами матеріальних і енергетичних ресурсів - одна з найважливіших задач усіх галузей народного господарства, у тому числі і , будівельної промисловості, до якої належить виготовлення, фасування та пакування будівельної мастики.

Автоматизація виробництва є однією з основних складових прискорення науково-технічного прогресу будівельної промисловості. Останні роки характеризуються стрімким розвитком автоматизації будівельної промисловості спільно з активним розвитком її технічних засобів.

Функціональні можливості мікропроцесорної техніки, а також персональних електронно-обчислювальних машин, дозволяють використовувати найдосконаліші методи створення сучасних складних автоматизованих систем управління технологічними процесами будівельного виробництва. Мікропроцесорні засоби, пов'язані між собою обчислювальними керуючими мережами з використанням загальних баз даних, дозволяють впроваджувати комп'ютерні технології.

У даній розглянутий агрегат для фасування та пакування будівельної мастики в брикети. Представлені параметричні і кінематичні розрахунки, розрахунки на міцність.

Модернізація агрегату дала змогу підвищити його продуктивність, а також збільшити економічність процесу за рахунок використання меншої кількості деталей.

1. Призначення та галузь застосування фасувально-пакувального агрегату

Фасувально-пакувальний агрегат АРМ призначений для фасування і пакування пластичних матеріалів в брикети по 250, 200 або 125, 100 г при плюсовій температурі. Агрегат АРМ може працювати незалежно від іншого обладнання, а також на поточних лініях. і Фасування пластичних матеріалів в будівельній промисловості вимагає унікального обладнання, яке зможе з великою точністю і акуратністю фасувати продукт.

Агрегат для фасування мастики призначається для рівномірного розподілу продукту в певні ємкості. Фасування мастики здійснюється під суворим автоматичним контролем обладнання для фасування, пристрій дозволяє автоматично наповнювати необхідні ємності продуктом та проводити точне зважування.

Агрегат АРМ оснащений механізмом центрування етикетки з фотоміткою. Конструктивно агрегат виконаний так, що всі операції фасування і пакування продукту відбуваються по колу. Основною сполучною ланкою між робочими вузлами є формуючий стіл з розташованими на ньому по колу вісьмома гніздами з кроком 45 °.

Для пакування мастики використовують пергамент рослинний. Це жиронепроникний папір. Він складається зі 100% целюлози. Галузь застосування цього матеріалу досить широка, з нього виготовляють пакети для фасування сипучих продуктів. Також пергамент застосовується для фасування продуктів, які потребують тривалого оберігання від вогкості і висихання, від втрати летких ефірних речовин, які обумовлюють функціональні властивості продукту, має неперевершені бар'єрні якості водонепроникності. Пергамент придатний як для ручного, так і для

автоматичного пакування продуктів, також він ідеально підходить для пакування мастики на автоматичних лініях.

Хороші бар'єрні властивості пергаменту перешкоджають проникненню вологи і жиру, пергамент не має ніяких волокон, мікріволосків і пилу. Підвищені показники жаро-і термостійкості дозволяють каширувати пергамент алюмінієвою фольгою і наносити на нього силіконізований шар.

2. Технічна характеристика базової машини

| | |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| Тип автомата | карусельний періодичної дії |
| Продуктивність, брикетів в хв. | 40....80 |
| Коефіцієнт технічного використання | 0,86 |
| Температура фасованого продукту , С | 20...30 |
| Регулювання продуктивності | безступінчасте |
| Маса брикета, г | 250±4 |
| | 200±3 |
| | 125±3 |
| | 100±2 |
| Розміри брикета, мм | |
| По 250 г | 100*75*37 |
| По 200 г | 100*75*29 |
| По 125 г | 75*50*37 |
| По 100 г | 75*50*29 |
| Дозатор | об'ємний |
| Пакувальний матеріал | пергамент марки В ГОСТ 341-74 |
| Розміри розгортки , мм: | |
| Для брикета по 250 г | 238±2*190±2 |
| Для брикета по 200 г | 230±2*190±2 |

| | |
|--------------------------------------|--------------|
| Для брикета по 125 г | 188±2*150±2 |
| Для брикета по 100 г | 160±2*150±2 |
| Зовнішній діаметр рулона, мм | до 400 |
| Внутрішній діаметр втулки рулона, мм | 70 |
| Ширина рулона, мм: | |
| Для брикета по 250 г | 238±2 |
| Для брикета по 200 г | 230±2 |
| Для брикета по 125 г | 188±2 |
| Для брикета по 100 г | 160±2 |
| Товщина пергаменту, мм | 0,5.....0,08 |
| Маса 1 м ² пергаменту, г | 55±5% |
| Електродвигун: | |
| Потужність, кВт | 2,2 |
| Швидкість обертання, рад/с(об/хв) | 104,67(1000) |
| Напруга, В | 220/380 |
| Частота, Гц | 50 |
| Габарити автомата, мм: | |
| Довжина | 2920 |
| Ширина | 2490 |
| Висота | 1540 |
| Маса автомата, кг | 1425 |

3. Опис конструкції, її основних частин та принцип дії

Агрегат марки АРМ складається з станини з головним приводом, формуючого стола, механізму утворення пакетів, дозатора, механізму закладення пакетів, транспортера, бункера.

Конструкція агрегата виконана так, що всі операції фасування і пакування продукту відбуваються послідовно по колу. Головною зв'язуючою ланкою між основними вузлами є стіл з вісьмома гніздами, розташованими рівномірно по колу через 45^0 .

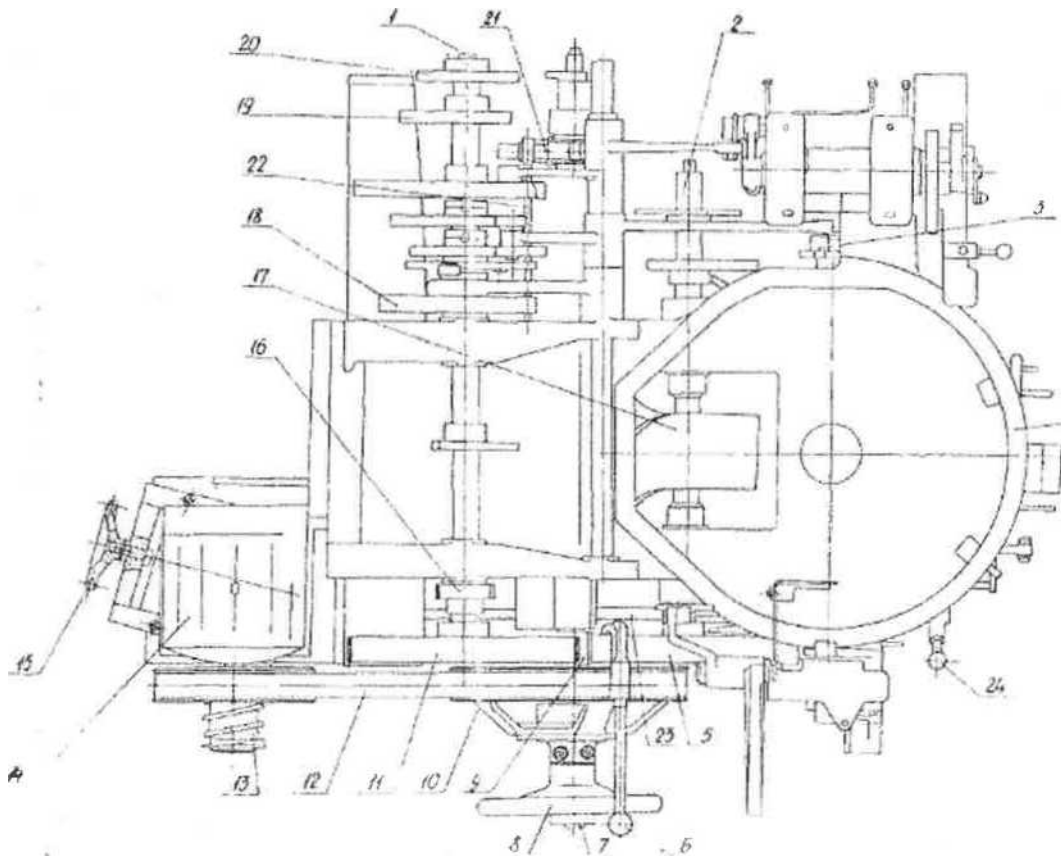


Рисунок 1. Станина з головним приводом автомата АРМ:

1,2 — вали кулачкові; 3 - привід крана; 4- станина (картер); 5,11 - зубчасті колеса; 6,24 - важелі; 7 - вал зчеплення; 8,15 - маховики; 9,16 - шестерні; 10 - шків; 12 - клиновий ремінь; 13 - варіатор; 14 - електродвигун; 17, 13, 19, 20

- кулачки; 21 - зчеплення; 22 - тяга; 23 - вал.

Станина з головним приводом є підставою для встановлення всіх механізмів. На ній розміщений головний привід агрегата: електродвигун головного приводу, варіатор швидкостей, зчеплення, два кулачкових вала з кулачками і зубчастими колесами, від яких через важелі і ланцюгову передачу наводиться в рух механізмів інших груп агрегата. Крім того, на станині розміщені механізми приводу гільзи, крана дозатора і зйомки брикетів з формуючого столу на транспортер.

Механізм утворення брикетів служить для формування брикету зі стрічки пакувального матеріалу і кріпиться на основному корпусі станини. Між правою і лівою стійками цього механізму розміщені матриці формування брикетів, пуансон, сектори механізму перенесення розгортки, ножі, що відрізають розгортку для пакету, сектори подачі пакувального матеріалу, дозатор, гальмо односторонньої дії, механізм попереднього розмотування пакувального матеріалу, рулонотримача, механізм приводів пуансона, поршня і відсікана.

Дозатор призначений для нанесення дати на розгортці пакета.

Голкотримач разом з голками приводиться в рух за допомогою приводу дататора. Пергамент в дозаторі проходить між знімачем і матрицею. Переміщаючись вниз, голки-пуансони пробивають отвори в пергаменті. Потрібна дата набирається вставкою голок в отвори пуансонотримача.

Формуючий стіл служить для виконання технологічних операцій, пов'язаних з фасуванням і пакуванням продукту і зніманням готових брикетів. Стіл має вісім гнізд, під якими монтуються відповідні механізми.

В гнізда вставлені виштовхувачі з під'ємниками, які ковзають по регульованим кулачках. Поворот формуючого столу здійснюється диском з роликами від кулачка.

Дозатор автомата призначений для наповнення брикетів певною дозою продукту.

Дозатор виконаний у вигляді шнекового живильника з черв'яком

для зачеплення і подачі продукту, що розташований коаксіально всередині периферичної поверхні, що утворює дозуючу камеру. Черв'як обертається, подаючи в тару необхідну порцію продукту, і зупиняється у той час, коли матриця обертається.

Механізм закладання служить для загортання наповнених брикетів. Лапки кінцевого закладення підгинають торцеві стінки брикету, а лапка бічного закладення - одну бічну. При повороті столу підгинається друга бркова стінка. Заповнені брикети подаються під механізм підпресовки, де остаточно формується брикет.

Транспортер призначений для знімання і відведення брикетів від формуючого столу. З формуючого столу брикети подаються на перегортувач, що перевертає брикети закладеною стороною вниз, щоб при транспортуванні вони не розгорталися.

Перед початком роботи механізм утворення брикету заправляється пакувальним матеріалом. Стрічка пакувального матеріалу з рулону розмотується механізмом попереднього розмотування і проштовхується секторами між ножами, які відрізають розгортку для брикета. Відрізана розгортка переноситься на формуючу матрицю сектором і валиком, а далі подається за допомогою важелів під пуансон. Пуансон, пересуваючись всередині формуючої матриці, утворює брикет і подає його в гніздо формуючого столу. Повертаючись, стіл переносить брикет до вузла дозування. Дозатор наповнює брикет певною порцією продукту. При подальшому повороті формуючого столу брикет з продуктом переміщається до вузла закладення. Після загинання країв гніздо з брикетом повертається до пресу, який остаточно щільно закладає брикет. Потім брикет повертається до механізму зйомки, який скидає його на транспортну стрічку.

Технологічний цикл роботи автомата складається з наступних операцій:

- завантаження бункера продуктом;
- подача пакувального матеріалу і нанесення дати дозатором;
- відрізка розгорнення для коробки з стрічки пакувального матеріалу;
- перенесення розгорнення на формуючу матрицю;
- перевірка наявності розгорнення на формуючій матриці;
- утворення коробки і укладання її в гніздо формуючого столу;
- дозування певної порції продукту в коробку (дозування продукту здійснюється поршневим механізмом, продукт з бункера в дозатор подається за допомогою шнека);
- загинання країв брикету;
- підпресовка, що забезпечує щільність і остаточну закладення брикету;
- зйомка готових брикетів з формуючого столу і подача їх на транспортну стрічку.

4. Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації

4.1 Літературний огляд

Дозуючий пристрій, в даному агрегаті представлений у вигляді шнекового дозатора, відіграє переважну роль у процесі. Продукт потрапляє в завантажувальний бункер, де за допомогою шнека ретельно перемішується в однорідну суміш і дозується у вже сформовані брикети.

Недоліками базової конструкції була низька продуктивність, нерівномірний розподіл матеріалу в бункері при роботі шнека та наявність застійних зон внаслідок зменшення швидкості руху матеріалу. Ці недоліки є причиною низької якості кінцевого продукту.

Тому у магістерської дисертації було виконано літературно-патентний пошук варіанту модернізації дозувального пристрою з метою позбавлення його недоліків.

Предмет пошуку:

- 1) дозатор пластичних матеріалів;
- 2) дозуючий пристрій;
- 3) шнековий живильник;
- 4) шнек.

Основними державами в яких виконується пошук є: Україна, Російська Федерація, ЄС, США, Великобританія, Німеччина, Франція, Японія, Італія.

Джерела інформації:

- 1) Патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюро

Держпатенту України, Роспатенту й Госпатенту СРСР, офіційні патентні бюро країн Європи, патентні бюро США.

2) Науково-технічна інформація: підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічної технології.

4.2 Патентний огляд

У результаті огляду знайдено 8 патентів та 8 винаходів. Розглянемо їх детальніше.

В патенті № 2017663 розглядається дозатор, що містить корпус з затворами і кранами, блок мірних циліндрів, приводи затворів і кранів. Мірні циліндри згруповані в єдиний блок і виконані у вигляді плити з низкою наскрізних отворів, в яких між дисковими перемичками на центральних стрижнях встановлені поршні у вигляді ущільнювальних шайб. Кожен кран розташований у випускному каналі за затвором. У крані виконані поперечний отвір для утворення наскрізного випускного каналу і поздовжня лиска, що утворює з корпусом поздовжній канал для з'єднання випускного каналу з відповідним колектором. Винахід дозволяє підвищити експлуатаційні можливості дозатора.

Метою патента № 2483992 є підвищення точності дозування за рахунок розбиття наявних грудок в процесі розфасовки. Дозатор, що містить завантажувальний бункер, з'єднаний з горизонтальною шнековою камерою з безосевим спіралевидним транспортером, вертикально орієнтований накопичувальний бункер, забезпечений в нижній частині відсікачем продукту, керованим від сигналу тензометричного датчика системи управління. Усередині накопичувального бункера співвісно з ним встановлений розпушувач з мотор-редуктором. При цьому дозатор додатково

забезпечений дозуючою ємністю, що розташована вертикально під накопичувальним бункером і обладнана керованим від сигналу тензометричного датчика другим відсікачем продукту. Підставка дозуючої ємності встановлена на консолі тензометричного датчика, розпушувач складається з осьового вала з перемішуючими елементами, верхній кінець якого з'єднаний з мотор-редуктором, а нижній вільний, а перемішуючі елементи орієнтовані уздовж стінок накопичувального бункера.

У патенті №2169683 розглядається пристрій, який містить живильник, дозуючу карусель з мірними гільзами, що виштовхує поршень і пристосування для подачі тари. У робочій частині поршня виконана виїмка, діаметр якої по торцю поршня не перевищує діаметра поршня, а в тілі поршня виконані канал, що сполучають порожнину виїмки з джерелом стислого газоподібного середовища. Вихідні ділянки каналів можуть бути розташовані під кутом до осі поршня так, що їх геометричні осі проходять через зони крайок робочої частини поршня. Таке виконання дозволяє підвищити точність дозування за рахунок видалення з поршня налиплого на нього продукту.

Патент №2191729 розглядає живильник для подачі сильнозв'язних погано сипучих матеріалів, що містить бункер з випускний тічкою, змонтований під нею конвеєр з головним і натяжним барабанами, що охоплює конвеєр захисний кожух з прийомним коробом і встановлений на приводному валу шнек, причому останній розташований над головним барабаном конвеєра в зоні осипання матеріалу, що відрізняється тим, що шнек з боку приводу забезпечений віброзбуджувачем, виконаним у вигляді косозубої центральної шестерні, механізму вільного ходу і неврівноважених сателітів, осі яких пов'язані з корпусом віброзбуджувача через механізм вільного ходу, і пружних елементів, при цьому останні розміщені між корпусом і косозубою центральною шестернею, з'єднаною зі шнеком.

У патенті № 2009125247 розглядається шнековий дозатор, відмінний тим, що у продольній частині бункеру встановлений додатковий шнек. Двохшнекові дозатори ідеально підходять для дозування липких, пластичних, схильних до грудкування та сводоутворення матеріалів.

У патенті № 2409993 пропонується винахід, що дозволить стабілізувати процес екструдкування. Пристрій містить корпус екструдера з пресом шнеком, герметично закріплений на завантажувальному вікні корпусу екструдера завантажувальний бункер конічної форми, принаймні в нижній його частині, що подає шнек, виконаний у формі прямого гелікоїда, що охоплює приводний вал. Подаючий шнек встановлений у нижній частині завантажувального бункера соосно останньому і жорстко закріплений на нижній ділянці приводного валу.

Пристрій для дозування матеріалів що комкуються, що розглянутий у патенті № 2044696 містить надвесовий бункер з шнековим живильником завантаження, ваговий дозатор, шнековий живильник розвантаження зі змінним діаметром і складальний конвеєр, що відрізняється тим, що шнековий живильник розвантаження виконаний з двох гвинтів великого діаметра і розташованого між ними гвинта малого діаметра, а робочий простір вагового дозатора на кордоні між першим гвинтом великого діаметра і гвинтом малого діаметра шнекового живильника розділений перегородкою.

У патенті №2012/069971A1 розглянутий винахід, що відноситься до пристроїв для пакування пластичних продуктів. Він особливо підходить для пакування напівтвердих пастоподібних продуктів, особливо харчових продуктів, таких як дріжджі, пасти або ін.

Відомі пристрої для упаковки напівтвердих пастоподібних продуктів, де продукт упакований у обгортку у вигляді листа складеного гнучкого матеріалу. Попередні апарати зазвичай містять контейнер для подачі і пристрій для заповнення контейнера, який містить механізм для дозування заданої порції продукту. Апарати такого роду оснащені

дозаторами, що складаються з об'ємного насоса, що має камеру в якій знаходиться поршень і регулюючий клапан, який подає задану кількість продукту до дозуючої камери. Дозуючий носик розподіляє продукт безпосередньо в попередньо підготовлену обгортку або контейнер, в той час, як ріжучий інструмент відрізає частину продукту від основного потоку, відділяючи необхідну порцію.

Ці пристрої мають недолік, який полягає у необхідності використання значної і надмірної кількості деталей, а також у необхідності використання ущільнень, які швидко зношуються і повинні періодично замінюватись.

Винахід пропонує нове рішення, спрямоване на подолання одного або більше з вищевказаних недоліків. Пристрій для пакування напівтвердих пастоподібних продуктів, які упаковуються у контейнер у вигляді обгортки, що складається з багат шарового гнучкого матеріалу.

Пристрій містить засіб для подачі упаковки і пристрій для її заповнення, що відрізняється тим, що дозатор складається з шнекового живильника з черв'яком для зачеплення і подачі продукту, що розташований коаксіально всередині периферичної поверхні, що утворює дозуючу камеру. Черв'як обертається, подаючи в тару необхідну порцію продукту, і зупиняється у той час, коли матриця обертається.

Як показано на рис.4.1 та на рис.4.2, апарат містить матрицю 1 для подачі упаковки, яка виконана у формі круглого столу, але подача упаковки може бути втілена в будь-який інший спосіб, наприклад, методом нескінченної конвеєрної стрічки, що проходить уздовж лінійної траєкторії подачі. Матриця включає в себе кишені 2, що мають чашоподібну форму.

Апарат також містить пристрій для заповнення відповідних контейнерів, що включає шнековий живильник 3 для дозування заданої частини продукту, резервуар 4 для подачі продукту у живильник, і завантажувальний бункер 5 для завантаження продукту в резервуар. Продукт потрапляє у резервуар через отвори 6 у днищі бункера. Шнековий живильник має вал 7 для зачеплення і подачі крутного моменту на черв'як 8, який розміщений всередині периферичної поверхні 9, яка утворює дозуючу камеру 10.

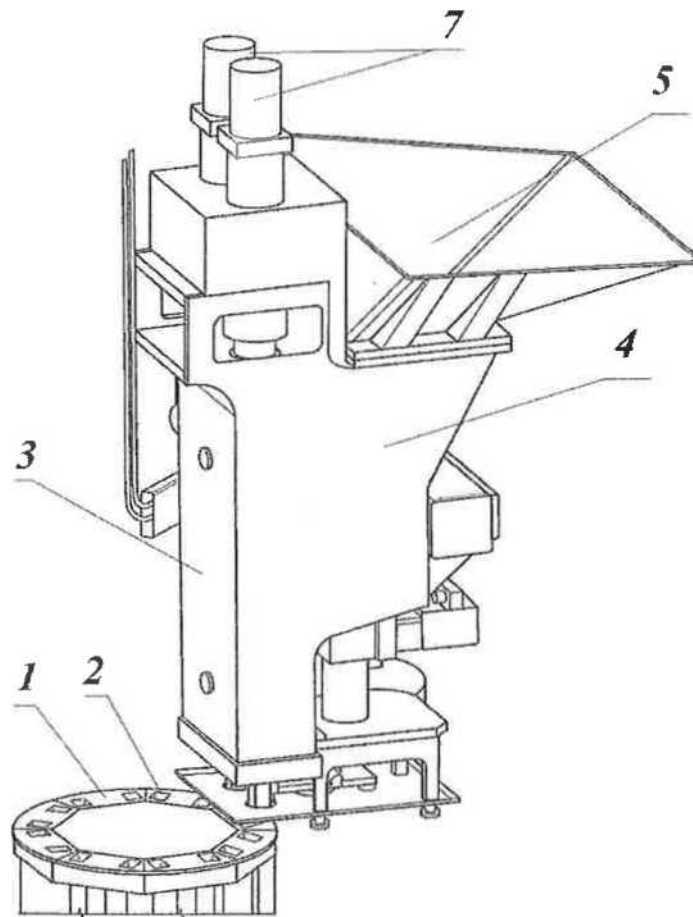


рисунок 4.1 пристрій для упаковки напівтвердих пастоподібних продуктів

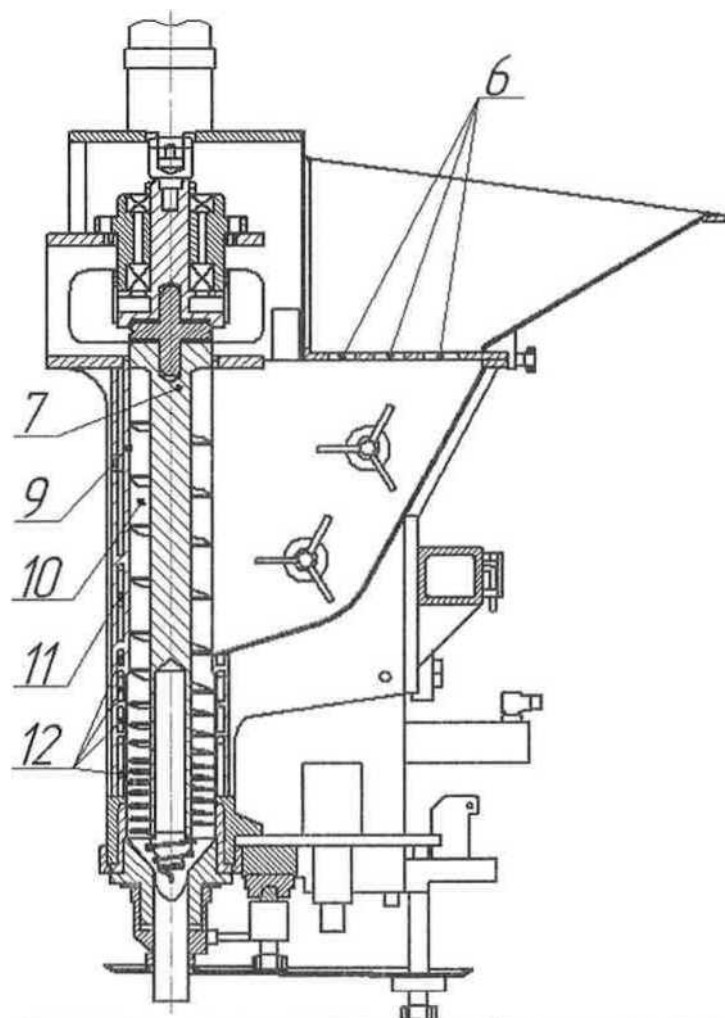


Рисунок 4.2 пристрій для упаковки напівтвердих пастоподібних продуктів

Черв'як має витки, що розташовані в безпосередній близькості від стінки дозуючої камери і обертається навколо власної осі між першим робочим станом, в якому подається доза продукту і другим робочим станом, в якому подача продукту переривається, зокрема шляхом зупинення живильника після того, як задана доза потрапила в гніздо. Дозуюча камера має нижню кінцеву частину конічної форми, що переходить у горловину дозатора. Трубчастий корпус 11 живильника також має камери 12, по яких може циркулювати рідина для нагріву або охолодження. Таким чином, продукт може зберігатися в оптимальних умовах для дозування. Нижній кінець черв'яка має конічний профіль, що має ту ж конусність, що і нижня кінцева частина дозуючої камери. Це гарантує те, що продукт тече у напрямку до виходу в достатній кількості. Також цей варіант виконання черв'яка дає можливість його позиціонування дуже близько до горловини, що дає змогу ефективно дозувати продукт за допомогою тільки лише шнекового живильника. Кількість пастоподібного продукту між кінцем шнека і горловиною досить незначна і знаходиться в стислому клейкому стані, тому подача продукту з горловини при зупиненні обертання шнека також миттєво зупиняється.

Це дозволяє дозувати пастоподібний продукт без використання яких-небудь інших компонентів.

Таким чином, дозування пастоподібних продуктів даним апаратом дозволяє зменшити кількість деталей машин, необхідних в порівнянні з попереднім рівнем техніки, а також виключає використання ущільнень, які були використані в попередньому рівні техніки. Також двокамерний шнековий живильник дозволяє суттєво підвищити продуктивність дозування.

Варіантом модернізації у магістерській дисертації було обрано патент [8], сутність якого полягає у тому, що дозуючий пристрій виконаний у вигляді шнекового живильника з черв'яком для зачеплення і подачі продукту, що розташований коаксіально всередині периферичної поверхні, що утворює дозуючу камеру. Черв'як обертається, подаючи в тару необхідну порцію продукту, і зупиняється у той час, коли матриця обертається.

Також для поліпшення подачі продукту з резервуара та ліквідації застійних зон у порожнину резервуара паралельно до основних шнеків живильника було встановлено додатковий шнек (Рис.4.3) з витками, що направлені у сторону, протилежну виткам основних шнеків, що дозволяє рівномірно захоплювати матеріал з бункера та поліпшити його подачу до основних шнеків живильника.

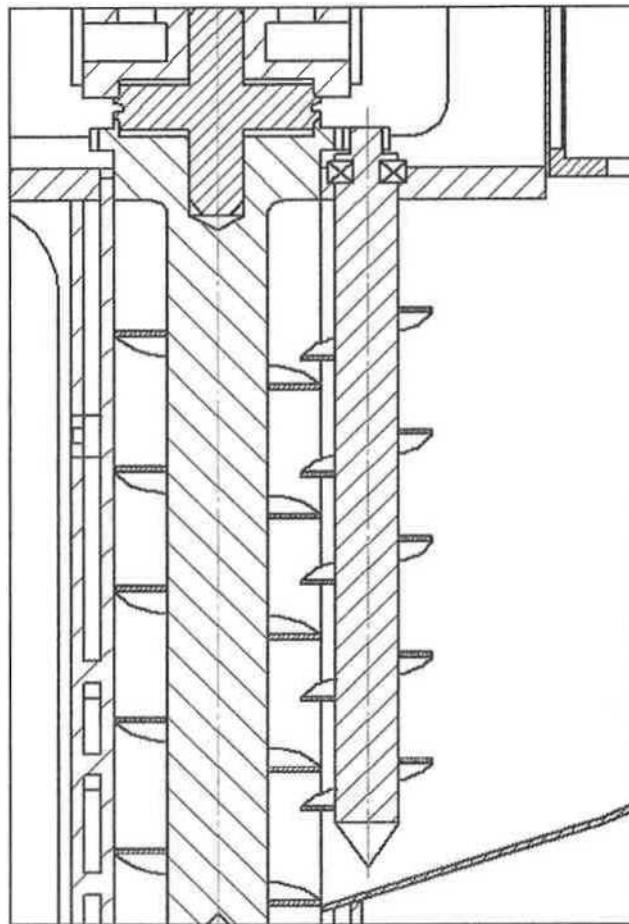


Рис.4.3

За рахунок модернізації зросла ефективність роботи, збільшилась продуктивність, були ліквідовані застійні зони у бункері, а також забезпечилась безперервність отримання продукту і зросла економічність процесу за рахунок зменшення кількості деталей машин, необхідних в порівнянні з попереднім рівнем техніки.

5. Автоматизація фасувально-пакувального агрегату для пакування будівельної мастики в брикети

Агрегат АРМ призначений для фасування і упаковки будівельної мастики в брикети. Він може працювати незалежно від іншого обладнання, а також на поточних лініях. Агрегат складається зі станини з головним приводом, формуючого стола, механізму утворення брикетів, дозатора, механізму закладення брикетів, транспортера, бункера.

Конструкція агрегата виконана так, що всі операції фасування і упаковки продукту відбуваються послідовно по колу. Головною зв'язуючою ланкою між основними вузлами є стіл з вісьмома гніздами, розташованими рівномірно по колу через 45 град.

5.1. Аналіз технологічного процесу пакування будівельної мастики в брикети

Технологічний цикл роботи автомата складається з наступних операцій:

- завантаження бункера продуктом;
- подача пакувального матеріалу і нанесення дати дататором;
- відрізка розгортки для коробки зі стрічки пакувального матеріалу;
- перенесення розгортки на формуючу матрицю;
- перевірка наявності розгортки на формуючій матриці;
- утворення коробки і укладання її в гніздо формуючого столу;
- дозування певної порції продукту в коробку (дозування продукту

здійснюється поршневим механізмом, продукт з бункера в дозатор подається за допомогою шнека);

- загинання країв брикету;
- підпресовка, що забезпечує щільність і остаточне закладення брикету;
- зйомка готових брикетів з формуючого столу і подача їх на транспортну стрічку.

5.2. Опис розробленої схеми автоматизації пакування будівельної мастики в брикети

Цикл роботи:

1 – 2 – 3 – 2 – 3 – 4 – 5 – 1 – 5 – 6 – 4 – 6 – 7 – 8 – 7 – 8 – 6 – 6 – 9 – 10

1-пряма операція 1-зворотня операція

Опис функціональних модулів:

Функціональний модуль ФМ1.

В якості виконавчого пристрою використовуємо нереверсивний пневмо- мотор. Керуючий пристрій - розподільник 3/2 бістабільний з пневматичним керуванням. Контроль стану виконавчого пристрою здійснюється за допомогою реле часу. ФМ1 виконує операцію обертання шнека.

Функціональний модуль ФМ2.

В якості виконавчого пристрою використовуємо нереверсивний пневмо-

мотор. Керуючий пристрій - розподільник 3/2 бістабільний з пневматичним керуванням. Контроль стану виконавчого пристрою здійснюється за допомогою реле часу. ФМ2 виконує операцію подачу пергаменту.

Функціональний модуль ФМ3.

В якості виконавчого пристрою використовуємо пневмо-циліндр односторонньої дії. Керуючий пристрій - розподільник 3/2 моностабільний з пневматичним керуванням. Контроль стану виконавчого пристрою здійснюється за допомогою датчика тиску та датчика положення. Функціональний модуль ФМ3 виконує операцію нанесення дати.

Функціональний модуль ФМ4.

В якості виконавчого пристрою використовуємо пневмо-циліндр односторонньої дії. Керуючий пристрій - розподільник 3/2 моностабільний з пневматичним керуванням. Контроль стану виконавчого пристрою здійснюється за допомогою датчика тиску та датчика положення. Функціональний модуль ФМ4 виконує операцію відрізання пергаменту.

Функціональний модуль ФМ5.

В якості виконавчого пристрою використовуємо пневмо-циліндр односторонньої дії. Керуючий пристрій - розподільник 3/2 моностабільний з пневматичним керуванням. Контроль стану виконавчого пристрою здійснюється за допомогою датчика тиску та датчика положення. Функціональний модуль ФМ5 виконує операцію обертання корпусу та укладання у гнідо.

Функціональний модуль ФМ6.

В якості виконавчого пристрою використовуємо нереверсивний пневмо- мотор. Керуючий пристрій - розподільник 3/2 бістабільний з пневматичним керуванням. Контроль стану виконавчого пристрою здійснюється за допомогою реле часу. ФМ6 виконує операцію приводу столу.

Функціональний модуль ФМ7.

В якості виконавчого пристрою використовуємо пневмо-циліндр двосторонньої дії. Керуючий пристрій розподільник 4/2 бістабільний з пневматичним керуванням. Контроль стану виконавчого пристрою здійснюється за допомогою датчиків положення. Функціональний модуль ФМ7 виконує операцію поршня дозатора.

Функціональний модуль ФМ8.

В якості виконавчого пристрою використовуємо пневмо-циліндр односторонньої дії. Керуючий пристрій - розподільник 3/2 моностабільний з пневматичним керуванням. Контроль

стану виконавчого пристрою здійснюється за допомогою датчика тиску та датчика положення. Функціональний модуль ФМ8 виконує операцію загинання країв брикету.

Функціональний модуль ФМ9.

В якості виконавчого пристрою використовуємо пневмо-циліндр односторонньої дії. Керуючий пристрій — розподільник 3/2 моностабільний з пневматичним керуванням. Контроль стану виконавчого пристрою здійснюється за допомогою датчика тиску та датчика положення. Функціональний модуль ФМ9 виконує операцію знімання брикету зі столу.

Функціональний модуль ФМ10.

В якості виконавчого пристрою використовуємо нереверсивний пневмо- мотор. Керуючий пристрій - розподільник 3/2 бістабільний з пневматичним керуванням. Контроль стану виконавчого пристрою здійснюється за допомогою реле часу. ФМ10 виконує операцію транспортування брикету.

Логічні вирази для бістабільної системи:

$$Y_1 = X_{10} \cdot X_{12} \cdot X_{11}$$

$$Y_{\bar{1}} = X_5$$

$$Y_2 = X_1 \cdot X_{11}$$

$$Y_{\bar{2}} = X_{11}$$

$$Y_3 = X_2$$

$$Y_{\bar{3}} = X_{\bar{2}}$$

$$Y_4 = X_{\bar{3}} \cdot X_{11} \cdot X_1$$

$$Y_{\bar{4}} = X_{12}$$

$$Y_5 = X_4 \cdot X_1$$

$$Y_{\bar{5}} = X_{13}$$

$$Y_6 = X_{\bar{5}} \cdot X_{13} \cdot X_4 + X_{\bar{8}} \cdot X_{11} \cdot X_{13}$$

$$Y_{\bar{6}} = X_4 \cdot X_{13} \cdot X_{11} + X_{13}$$

$$Y_7 = X_{\bar{6}} \cdot X_{11} \cdot X_{13}$$

$$Y_{\bar{7}} = X_{11}$$

$$Y_8 = X_7$$

$$Y_{\bar{8}} = X_{\bar{7}}$$

$$Y_9 = X_{\bar{6}} \cdot X_{11} \cdot X_{12} \cdot X_{13}$$

$$Y_{\bar{9}} = X_{12}$$

$$Y_{10} = X_9$$

$$Y_{10} = X_{\bar{9}}$$

$$Y_{11} = X_3$$

$$Y_{11} = X_8$$

$$Y_{12} = X_6 \cdot X_4$$

$$Y_{12} = X_{10}$$

$$Y_{13} = X_{\bar{1}} \cdot X_4$$

$$Y_{13} = X_6 \cdot X_{11}$$

Функціональні графи:

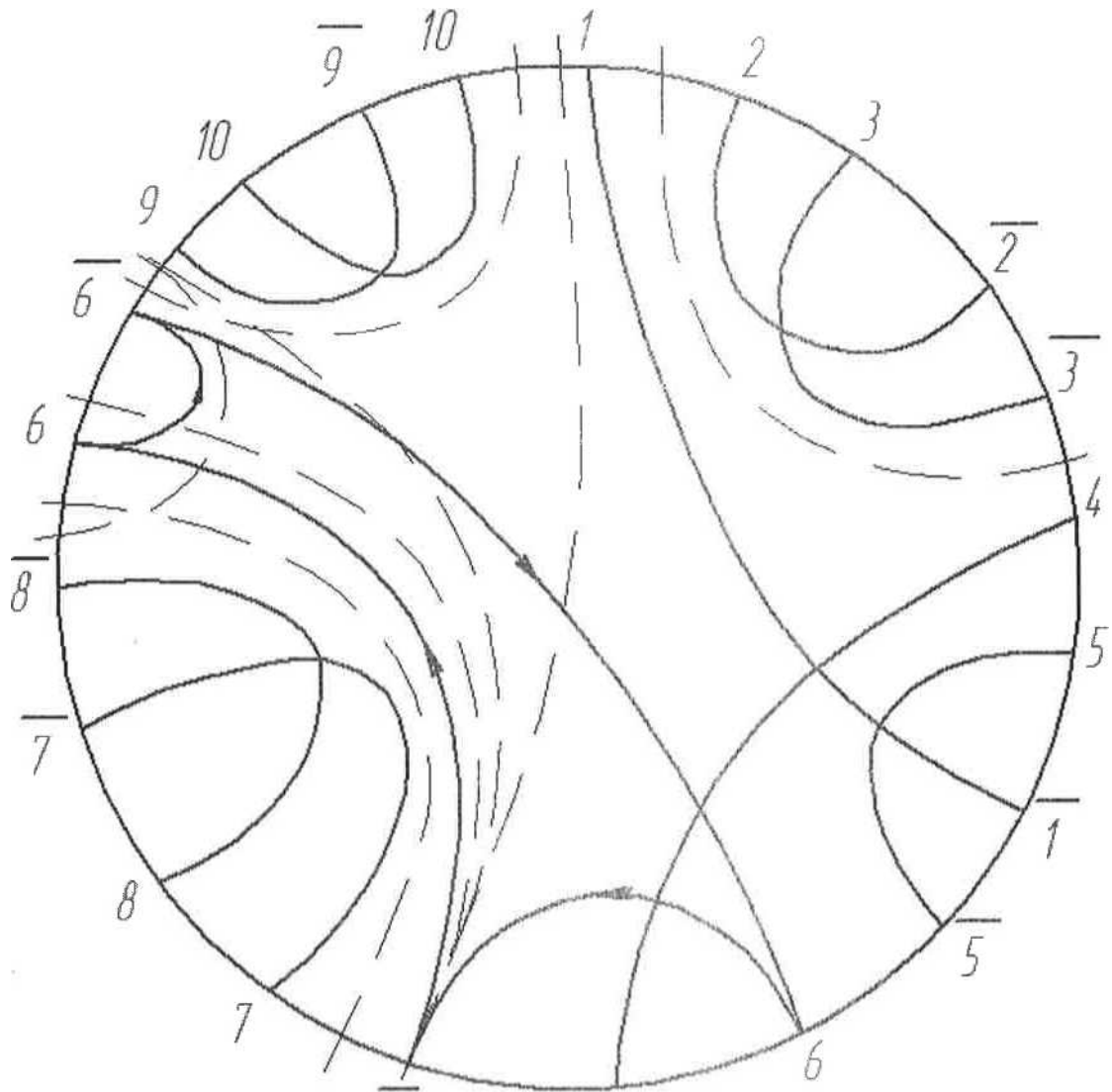


Рис.5.1.Граф 1

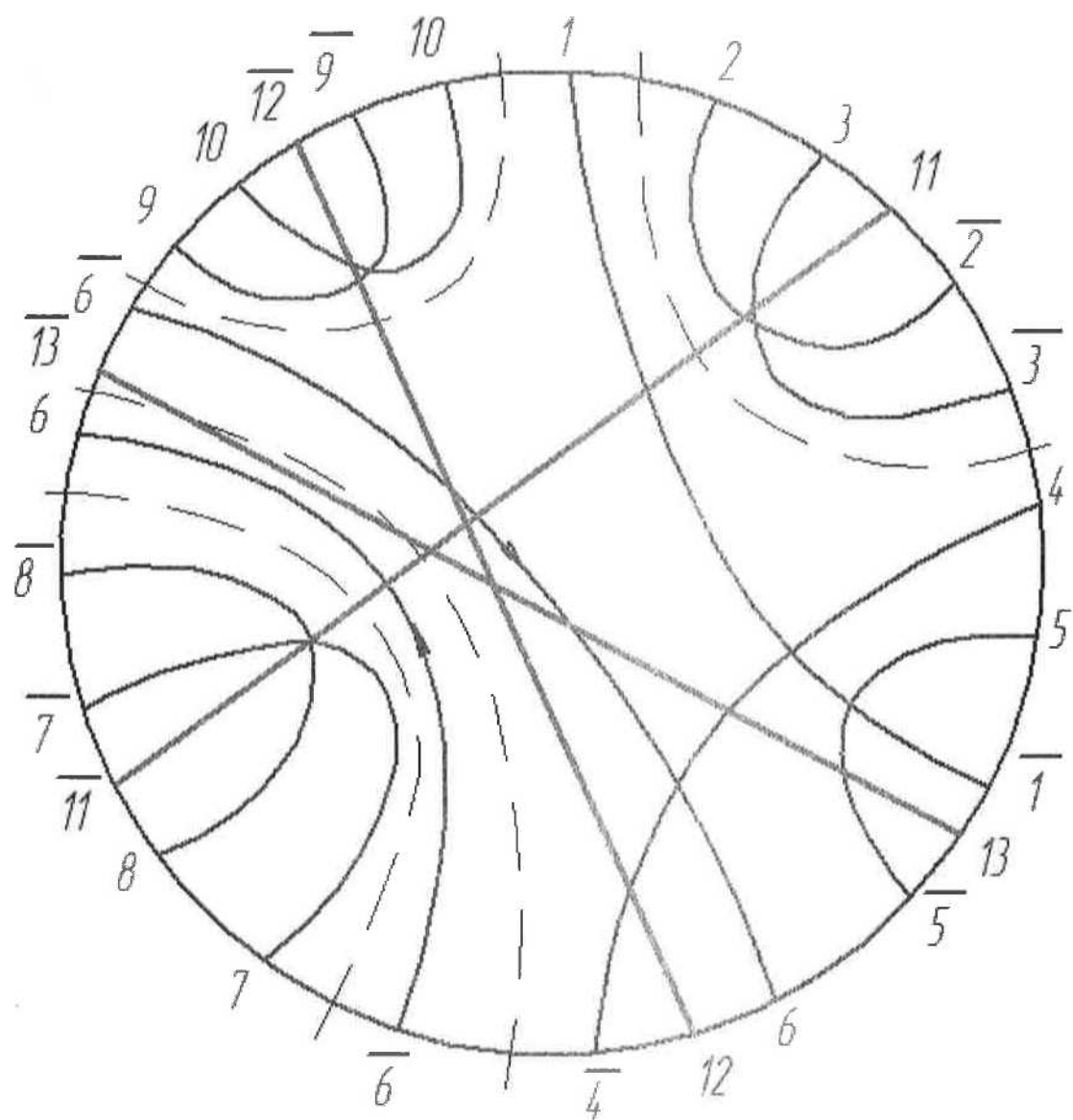


Рис.5.2. Граф 6 - 6

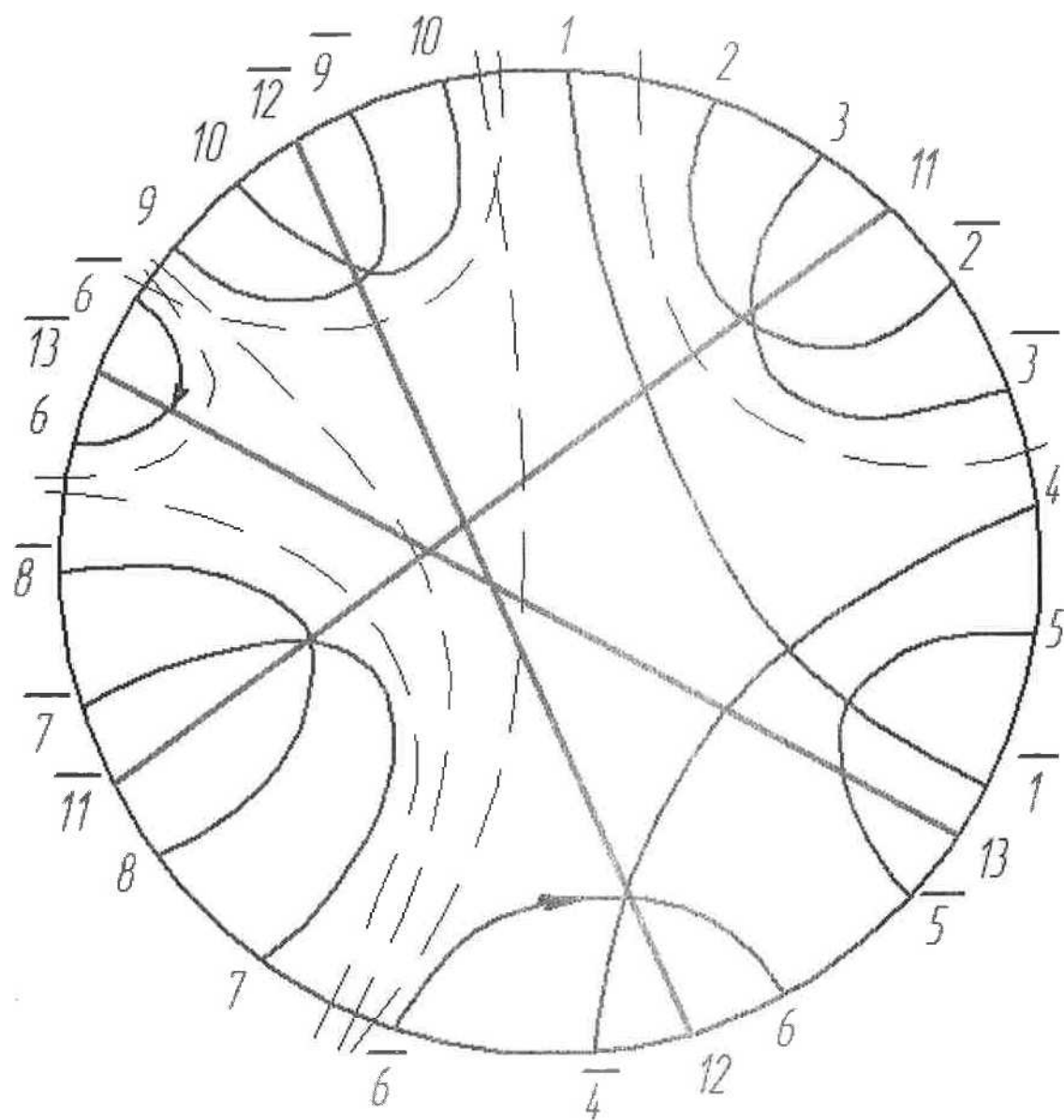


Рис.5.3. Граф 6-6

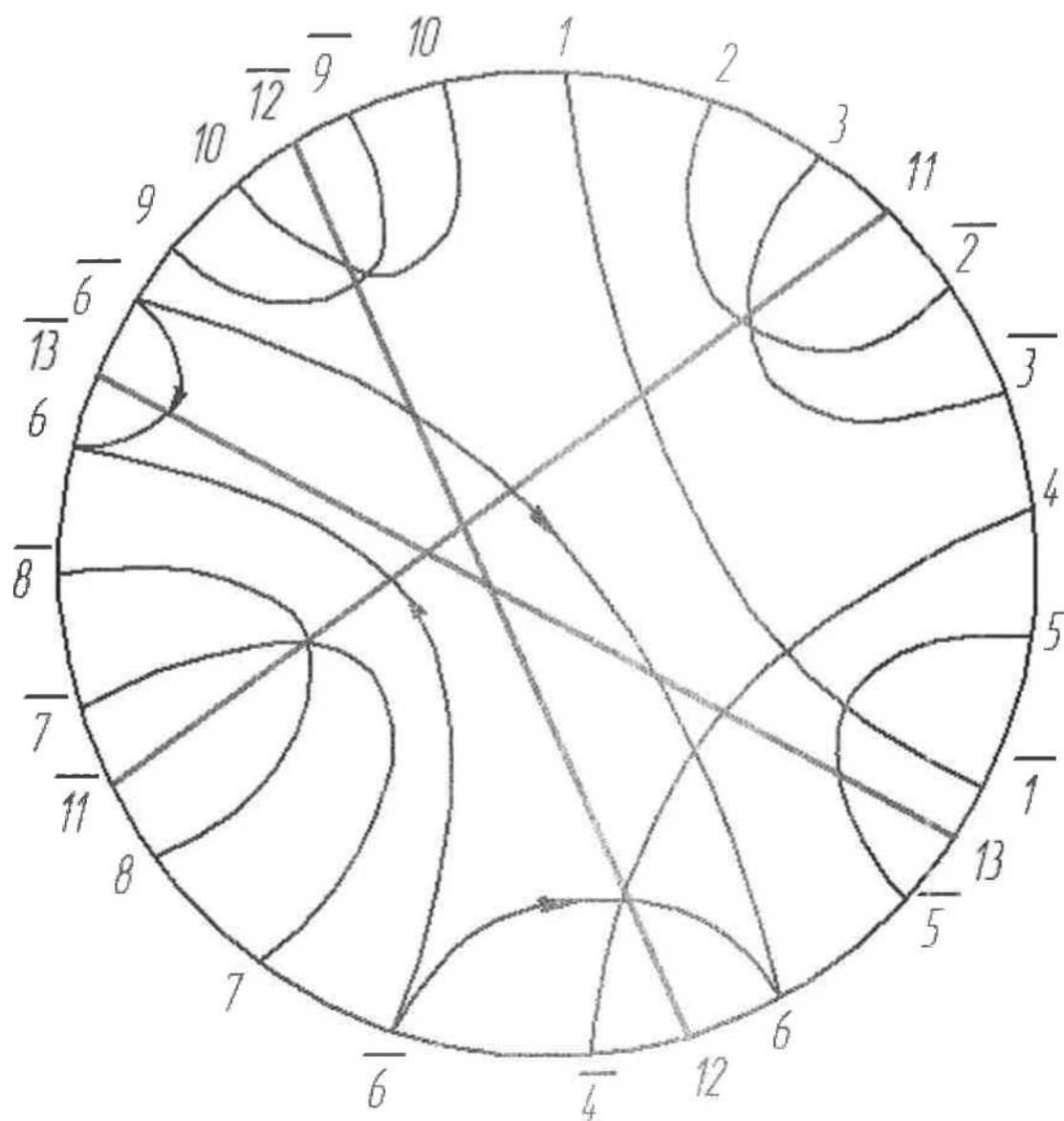


Рис.5.4. Граф 2

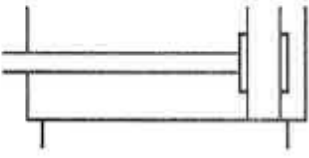
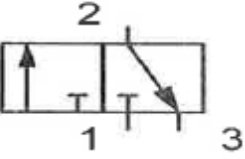
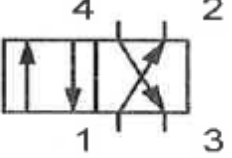
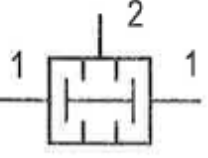
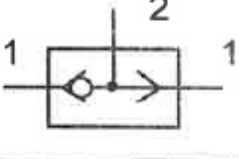

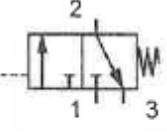
5.3. Висновки щодо виконання поставлених задач автоматизації

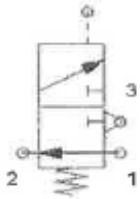
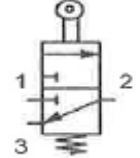
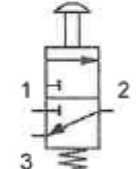
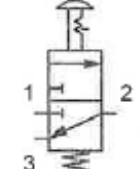
В даному розділі було проведено аналіз технологічного процесу пакування будівельної мастики в брикети, а також розроблено схему автоматизації пакування будівельної мастики в брикети за допомогою агрегату для фасування та упаковки АРМ. Автоматизація виробництва є однією з основних складових прискорення науково-технічного прогресу будівельної промисловості.

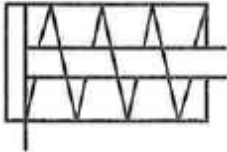
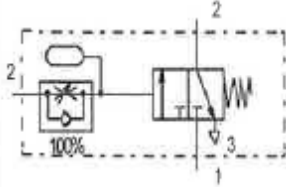


Мікропроцесорні засоби, пов'язані між собою обчислювальними керуючими мережами з використанням загальних баз даних, дозволяють впроваджувати комп'ютерні технології.

Функціональні можливості мікропроцесорної техніки, а також персональних електронно-обчислювальних машин дозволяють використовувати найдосконаліші методи створення сучасних складних автоматизованих систем управління технологічних процесів будівельного виробництва.

Таблиця 5.1. Специфікація устаткування, виробів і матеріалів

| Пристрій | Позначення на схемі | Технічні характеристики чи принцип роботи | Марка | Кількість |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------|
| Пневмоциліндр двосторонньої дії |  | <ul style="list-style-type: none"> - з регульованим демпфуванням з обох сторін - Зовнішня різьба на штоку - З захистом від провороту завдяки квадратному штоку - стандартний циліндр з міцною конструкцією кріпильної штанги - широкий набір кріпежів дозволяє знайти вирішення майже в будь-якому варіанті встановлення - кріпильні болти з внутрішнім шестигранником та внутрішньою різьбою | Стандарт: ISO 6431 Typ : DNGL | |
| Розподільник 3/2, бістабільний |  | <p>Пневматичне керування;</p> <p>Ширина 20мм;</p> <p>Номінальна продуктивність 800 л/хв;</p> <p>Робочий тиск 0,9 – 8 бар;</p> <p>Клас захисту IP65;</p> <p>Початкове положення будь-яке;</p> <p>Час переключення 15мс.</p> | Стандарт: ISO 6431 Typ: VL/O-3-1 | |
| Розподільник 4/2, бістабільний |  | <p>Пневматичне керування;</p> <p>Ширина 20мм;</p> <p>Номінальна продуктивність 800 л/хв;</p> <p>Робочий тиск 0,9 – 8 бар;</p> <p>Клас захисту IP65;</p> <p>Початкове положення – будь-яке;</p> <p>Час переключення 15мс.</p> | Стандарт: ISO 6431 Typ: MTH-4/2-7 | |
| Елемент «І» |  | <p>Логічний елемент «І» має 2 входи і 1 вихід. Сигнал подається на вихід лише тоді, коли одночасно присутні обидва входних сигнали</p> <ul style="list-style-type: none"> - Витрата: від 120 до 1170 л/хв. - Ніпелі з різьбою під шланг 3 мм - G1/8, G1/4 | Стандарт: ISO 6431 Typ: ZK-1/8-B | |
| Елемент «АБО» |  | <p>Логічний елемент АБО має 2 входи і 1 вихід. Клапан автоматично перекриває той вхід, на котрий не подається сигнал.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Витрата: від 120 до 1170 л/хв. - Ніпелі з різьбою під шланг 3 мм - G1/8, G1/4 | Стандарт: ISO 6431 Typ: OS-1/4-B | |
| Компресор |  | <p>Продуктивність, 830 л/хв;</p> <p>Тиск, 8 атм.;</p> <p>Потужність, 8,2 кВт;</p> <p>Вага, 130 кг;</p> <p>Об'єм ресивера, 100 л.</p> | Стандарт: ISO 6431 Typ: AB 100-850 GX 340 | |
| Розподільник 3/2 моностабільний |  | <p>Установка у будь-якому положенні;</p> <p>Робоча температура 0-60°C(при сухому повітрі – 20°C);</p> <p>ПНЕВМАТИЧНІ ПАРАМЕТРИ</p> <p>Робочий тиск – 0- 10 бар;</p> <p>Номінальний тиск – 6 бар.</p> | Стандарт: ISO 6431 Typ: VL/O-3-1/2 | |

| | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--|
| <p>Розподільник 3/2 моноста- більний</p> |  | <p>Установка у будь-якому положенні; Робоча температура 0-60°C(при сухому повітрі - 20°C); ПНЕВМАТИЧНІ ПАРАМЕТРИ Робочий тиск 0- 10 бар; Номінальний тиск 6 бар.</p> | <p>Стандарт: ISO 6431 Тип: VL/0-3-1/2</p> | |
| <p>Розподільник 3/2 моноста- більний з механічним керуванням</p> |  | <p>Кріплення через отвори в корпусі; Матеріали алюмінієвий корпус, клапан - латунь, золотник - нержавіюча сталь; Установка у будь-якому положенні; Робоча температура -10 - +60°C(при сухому повітрі - 20°C); Масло сумісне з NBR (3° * 10° E); ПНЕВМАТИЧНІ ПАРАМЕТРИ Робочий тиск 0- 10 бар; Номінальний тиск 6 бар.</p> | <p>Стандарт: ISO 6431 Тип: R/0-3-PK-3</p> | |
| <p>Розподільник 3/2 моноста- більний з ручною нефіксованою кнопкою</p> |  | <p>Розподільник з ручним управлінням панельного монтажу Серія 2 має присднувальну поверхню Ø22 і Ø30 і складається з власне розподільника і перемикального механізму; Тип перемикального механізму - кнопка, тумблер, джойстик і замок; Перемикальний механізм з присднувальною поверхнею діаметром 30мм поставляється за замовленням; Мінірозподільники Серії 2 розроблені спеціально для інформаційних технологій. Особлива увага приділяється їх робочим характеристикам: Невелике зусилля спрацювання = 6 N; Малий робочий хід; Мініатюрні розміри; Висока швидкодія; Невелике споживання повітря; При необхідності перемикальний механізм може поєднуватися з електричним вимикачем.</p> | <p>Стандарт: ISO 6431 Тип: TH/0-3-PK-3</p> | |
| <p>Розподільник 3/2 моностабільни й з ручною фіксованою кнопкою</p> |  | <p>Розподільник з ручним управлінням панельного монтажу Серія 2 має присднувальну поверхню Ø22 і Ø30 і складається з власне розподільника і перемикального механізму; Тип перемикального механізму - кнопка, тумблер, джойстик і замок; Перемикальний механізм з присднувальною поверхнею діаметром 30мм поставляється за замовленням; Мінірозподільники Серії 2 розроблені спеціально для інформаційних технологій. Особлива увага приділяється їх робочим характеристикам: Невелике зусилля спрацювання = 6 N; Малий робочий хід; Мініатюрні розміри; Висока швидкодія; Невелике споживання повітря; При необхідності перемикальний механізм може поєднуватися з електричним вимикачем.</p> | <p>Стандарт: ISO 6431 Тип: TH/0-3-PK-3</p> | |

| | | | | |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--|
| Пневмоциліндр односторонньої дії |  | Кріплення – по різьбових отворах шпильок, передній і задній фланець, лапи, центральна, передня і задня підвіски, шарнір; Діаметр 8-25; Максимальний, хід 10-50 мм, Установка в будь-якому положенні; Робоча температура -80°C (при сухому повітрі -20°C). | Стандарт ISO 6431 Тип : ESNU-20-P-a | |
| Реле витримки часу |  | Клапан затримки часу складається з пневматично керованого 3/2 клапана, однобічного клапана управління потоком , і маленького повітряного акумулятора. Коли необхідний тиск досягається в контрольному зв'язку 12 з одиниці, 3/2 клапан переключає і потік проходить вільно з 1 до 2. | Стандарт: ISO 6431 Тип: VZO-3-PK-3 | |
| Пневмомотор |  | Геометричний об'єм від 8 до 800 см3, Потужність від 1 до 40 кВт. | Стандарт: ISO 6431 Тип: FLSR-10-R | |
| Дросель |  | Дроселі застосовуються для регулювання витрати повітря. Дроселювання має місце в обох напрямках. Тим самим здійснюється регулювання швидкості приводу в прямому і зворотному напрямках. Пропускна спроможність в обох напрямках однакова. - витрата 18 ... 95 л/хв - різьблення з'єднання M3, M5 - qs-з'єднання для шлангів із зовнішнім діаметром 3 і 4 мм - ніпельно-різьбове з'єднання Pk-3 - безпосередній монтаж на циліндрі - можливість повороту на кут до 360° - регульовальний гвинт зі шліцем | Стандарт: ISO 6431 Тип: GRLO-M5-PK-3-LF-C | |
| | | | | |

6. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

Згідно з Законодавством України про охорону праці на всіх підприємствах повинні створюватися здорові та безпечні умови праці для обслуговуючого персоналу. Ці умови включають раціональне використання площі виробничих приміщень та місць розташування обладнання, вірну експлуатацію обладнання і організацію технологічних процесів, захист працюючих від впливу шкідливих умов праці, додержання в виробничих приміщеннях, місцях розташування обладнання та на робочих місцях санітарно-гігієнічних норм та правил. Для зниження травматизму на виробництві, весь обслуговуючий персонал повинен бути ознайомлений і дотримуватись правил безпеки на виробництві.

Темою магістерської дисертації є : «Фасувально-пакувальний агрегат для упаковки будівельної мастики з модернізацією дозувального пристрою».

Безпечні умови праці були розроблені для оператора, який обслуговує автомат і знаходиться безпосередньо біля нього. На його робочому місці знаходяться інструкції з правил техніки безпеки. Розміри приміщення: площа $B=162\text{м}$, об'єм $Y= 1750\text{м}$. Створення здорових і безпечних умов праці на підприємстві обумовлює необхідність раннього виявлення шкідливих і небезпечних факторів, для того, щоб на стадії проектування намітити заходи, які слід проводити для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу. При проектуванні нової техніки повинні цілком враховуватися вимоги діючого законодавства по охороні праці.

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами при роботі і обслуговуванні автомату є :

- повітря робочої зони;
- виробничий шум і вібрація ;
- небезпека ураження електричним струмом;
- вплив деталей та механізмів що рухаються і обертаються;
- виробниче освітлення;
- надзвичайні ситуації.

6.1 Повітря робочої зони

Робота оператора, який обслуговує фасувально-пакувальний агрегат відноситься до категорії легких фізичних робіт згідно ГОСТ 12.1.005-88/98 з енерговитратами 650 Кдж/год.

На ділянці встановлена загальнообмінна вентиляція за допомогою

I

механічної витяжки для притоку повітря. Повітря, що подається, фільтрується від пилу за допомогою скрубера. У цій системі повітря подається в приміщення вентиляцією притоку, а видаляється витяжкою, що працює одночасно з вентиляцією. Приток повітря проводиться в робочу зону, а витяжка - з верхньої зони ділянки. При цьому ефективність пристроїв така, щоб масова концентрація шкідливих речовин і запилене повітря в зоні обслуговування не перевищувала санітарно-гігієнічних норм ГОСТ12.1.005- 88 та норми опалення, вентиляції та кондиціонування СНиП2.04.05-84. У цеху також встановлена система опалення та кондиціонер.

Всі проведені заходи забезпечують у виробничому приміщенні такі параметри повітря:

- температура повітря в робочій зоні в холодний період року складає: 20-23 °С - допустима і 19-21 °С - фактична, а в теплий період: 22-25°С та 21-23 °С відповідно;
- відносна вологість складає 40-60%;
- швидкість руху повітря - 0,2 м/с;
- ГДК пилу 6 мг/м³ - допустима, 2 мг/м³ - фактична

6.2. Виробничий шум і вібрація.

Джерелами шуму при роботі агрегата є :

електродвигуни (L=40 дБА);

редуктори (L=25 дБА);

шнековий дозатор мастики (L=15 дБА).

Сумарний рівень шуму ИЛ=80 дБА, тому прийняті наступні міри до послаблення шуму:

змащування всіх поверхонь, що труться (AL=8 дБА);

використання захисних засобів(захисні кожухи,AL= 6-7 дБА).

в якості індивідуального захисту застосовують протишумові навушники ПШН-Б ГОСТ 12.4.051.87, що знижують рівень шуму до 22...28 дБА, і протишумні вкладиші „Беруши СТ-1” ТУУ 25513947.002- 99, що знижують рівень шуму до 16...20 дБА.

При експлуатації устаткування в робочий час рівень звуку складає 60дБА, що

відповідає ДСН 3.3.6.037-99. Контроль за рівнем шуму виконується 1 раз в рік за допомогою шумометра ВШВ-004.

Джерелом вібрації є електродвигун і обертові частини машини. Зусилля вібрації відбувається через неточність установки обертових частин, через нещільне з'єднання корпусів обертових частин до фундаменту.

Оператор слабо піддається впливу вібрації, тому що знаходиться далеко від підстави машини. Таким чином, дані загальної вібрації не роблять впливу на організм оператора.

Зниження вібрації досягається застосуванням наступних мір:

- віброгашення, що здійснюється шляхом установки машини на фундаменті;
- за рахунок застосування амортизаторів;
- накриття корпусів редукторів(тверді, металеві, на основі алюмінію).

Сумарний час роботи в контакті з вібрацією не перевищує 2/3 робочої зміни.

Тривалість безперервного впливу вібрації не перевищує 10 хв., що відповідає ДСН 3.3.6.039-99.

6.3. Небезпека враження електричним струмом.

Виробниче приміщення, у якому встановлений фасувально- пакувальний агрегат відповідно до діючих правил (ПУЕ) відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою ураження людей електричним струмом. Для живлення установки використовується трифазна напруга 220/380 В, з частотою $\gamma=50$ Гц, опір ізоляції $Y>0,5$ МОм.

Ураження обслуговуючого персоналу електричним струмом може бути при : дотику до відкритих струмоведучих частин устаткування, які будуть під напругою;
ураження кроковою напругою;
старіння ізоляції і втрата нею ізоляційних властивостей.

Трифазні ланцюги згідно з Правилами устрою електроустановок (ПУЕ), при напрузі до 1000 Вт приймаються як трьохпровідні ланцюги з ізольованою нейтраллю.

Для трьохпровідної мережі з ізольованою нейтраллю при режимі роботи у випадку дотику до однієї фази струм через людину дорівнює:

$$I_{\text{кз}} = \frac{U_{\text{ф}}}{r + z_0} = \frac{220}{0,5 + 0,3} = 365,41 \text{ А},$$

, де $U_{\text{ф}} = 220$ В - фазну напругу;

r - опір провідника, приймаємо $r=0,5$ Ом;

z_0 - опір нульового провідника, приймаємо $z_0=0,3$ Ом.

Безпека експлуатації обладнання забезпечується рядом організаційних і технічних заходів захисту: використанням малих напруг, захисним розділенням мереж, контролем і профілактикою пошкодження ізоляції, подвійною ізоляцією, забезпеченням недоступності до струмоведучих частин, застосуванням засобів індивідуального захисту і т. ін.

З метою запобігання травм при роботі на автоматі передбачено:

застосування огорожень для захисту та ізоляції струмоведучих частин електрообладнання, відкриті струмоведучі частини електрообладнання огорожені сіткою;

захист електрообладнання від механічних пошкоджень прокладкою проводів у трубах;

установка електрообладнання в відповідностях з умовами навколишнього середовища, закриті пилонепроникні електродвигуни; захисне відключення електроустановок;

постійний контроль за станом ізоляції електроустановок. Для вимірювання опору ізоляції використовується прилад - мегаомметр М-116; рубильники вмикання лінії знаходяться у спеціальній шафі; на панель керування виводяться сигнальні лампи індикації вмикання електроустаткування;

захисні засоби: діелектричні рукавички, інструменти з ізолюючими рукоятками, ізолюючі підставки та ін.

В аварійному режимі:

- вузли установок, що можуть виявитися під напругою, мають зажими для приєднання заземлення;

Біля затисків заземлення нанесені незмивні червоні знаки “Земля” за ГОСТ 21.1.030-75.

Електрична міцність ізоляції перевіряється на випробувальну напругу 200 В частотою 50 Гц протягом 1 хвилини.

Опір ізоляції має бути не менше 0,5 МОм.

Електрична апаратура, яка встановлена всередині приміщень, має ступінь захисту IP-54 ГОСТ 14254-80.

Ізоляція провідників вимірюється мегаомметром 11044 ТУ 25-04-798- 18. Напруга вимірюється вольтметром 351512 ТУ 25-04-1970-80.

Ступінь захисту електричної апаратури всередині приміщень контролюється за ГОСТ 14254-80 .

При застосуванні ручного переносного електроустаткування застосовується напруга живлення 42 В від окремого трансформатора.

На лінії живлення устаткування передбачено захисні теплові вимикачі.

Інструмент має неструмопровідний корпус і ізольовані ручки. При роботі використовуються гумові рукавички, боти, індикатори напруги, що розташовують поблизу щита.

Оскільки живлення установки відбувається напругою 380 В і існує можливість потрапляння обслуговуючого персоналу під напругу, необхідно заземлити установку. Принципова схема захисного заземлення: 3-х фазна, трьохпровідна мережа з ізолюованою нейтраллю.

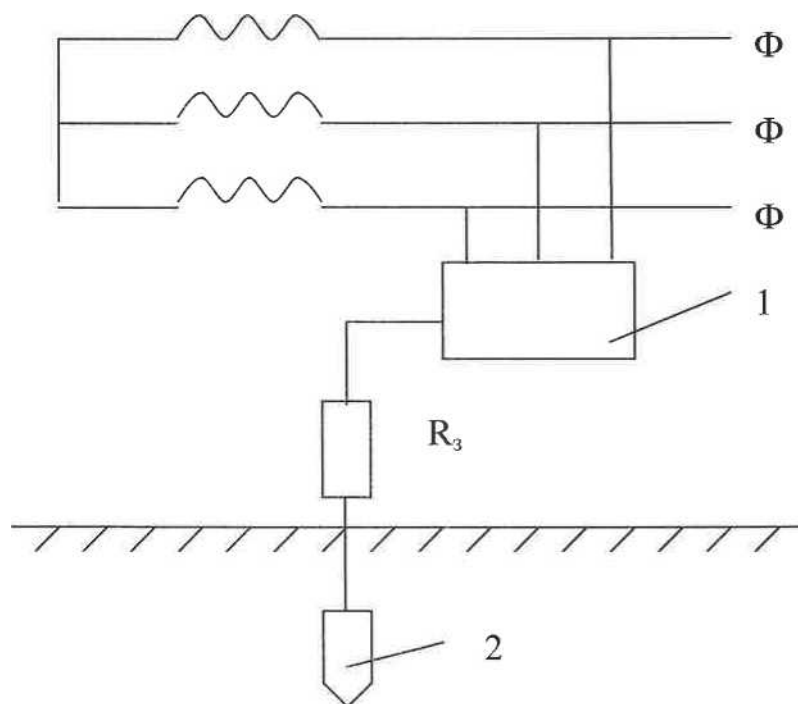


Рисунок 6.1. Схема захисного заземлення.

1 - заземлюване обладнання

2 - заземлювач захисного заземлення Розрахунок

захисного заземлення наступний:

1. Визначаємо припустимий опір заземлюючого пристрою. З ПУЕ = 4 Ом, тому що наша установка з напругою до 1000 V з ізолюваної нейтраллю.

2. Визначаємо питомий опір ґрунту, $\rho_2 = 200 \text{ Ом} \cdot \text{м}$

3. Тому що природні заземлювачі не використовуються, то необхідний опір штучних заземлювачів, що не повинен перевищувати припустимий опір заземлюючого пристрою $R_u \leq R_s$. Приймаємо $R_u = 4 \text{ Ом}$.

4. Конфігурація заземлювача по контуру (прямокутник). Тип і розміри заземлювачів - вертикальні електроди діаметром 0,035 м, і довжиною 2,5 м, зі сполучною смужкою стрижня $= 0,014 \text{ м}$.

$$R_{\text{нф}} = 3,4 \text{ Ом}$$

При створенні штучних заземлень, їхній опір повинен задовольняти умові:

$$R_u < |R|.$$

Опір розтікання струму з одного вертикального електрода:

$$R_1 = \frac{R}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right) =$$
$$= \frac{30}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0.014} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 25 + 3}{4 \cdot 25 - 3} \right) = 10.3 (\text{Ом}), \quad (6.1)$$

, де t – відстань від центра електрода до поверхні землі, м;

L – довжина стрижня, м;

R – питомий опір ґрунту.

Опір одного сталевого електрода більше припустимого, тому включаємо кілька рівнобіжних електродів.

Їхню кількість визначаємо:

$$n = \frac{R_1}{V_3 \cdot R_0} = \frac{10,3}{0,7 \cdot 3,3} = 4,5 \quad (6.2)$$

, де V_3 - коефіцієнт взаємного екранування.

Приймаємо $n_3=5$.

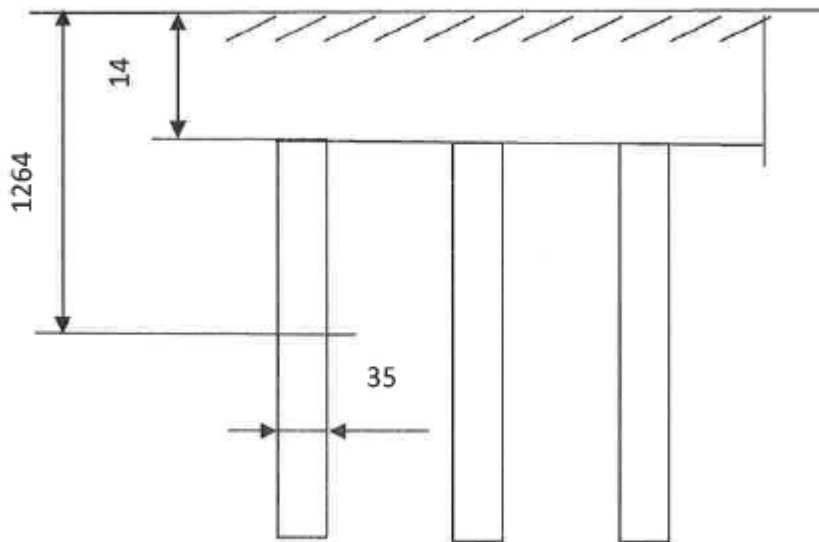


Рис 6.2. Схема розташування заземлюючих електродів.

З'єднання вертикальних електродів будемо виконувати металевією смугою перетином 4x40мм. Довжина смуги:

$$l_n = a \cdot (n-1) = 1,5 \cdot (5-1) = 6(м), \quad (6.3)$$

, де $a=1.5$ м - відстань між електродами опору рівна відстані з'єднувальної смуги:

$$R_n = \frac{R_{fp}}{2 \cdot \pi \cdot l_n \cdot V_s} \cdot \ln \frac{2 \cdot l^2}{6 \cdot l_n} = \frac{30}{2 \cdot 3,14 \cdot 6 \cdot 0,7} \cdot \ln \frac{2 \cdot 3^2}{6 \cdot 0,7} = 1,67(\text{Ом}) \quad (6.4)$$

Еквівалентний опір заземлення:

$$R = \frac{R_1 \cdot R_n}{R_1 + (R_n \cdot V_s \cdot n)} = \frac{10,1 \cdot 1,65}{10,1 + (1,65 \cdot 0,7 \cdot 5)} = 1,02(\text{Ом}) \quad (6.5)$$

Еквівалентний опір заземлення $R_3=1,05$ Ом менше припустимого значення $R_g=4$ Ом - умова виконується.

При наявності заземлення струм через людину дорівнює:

$$I = \frac{U_\Phi}{R + \frac{r}{3} + \frac{R \cdot r}{3 \cdot R}} = \frac{220}{1200 + \frac{80000}{3} + \frac{1200 \cdot 80000}{3 \cdot 4}} = 0,000269(\text{А}). \quad (6.6)$$

Таким чином, при створенні захисного заземлення вимоги електробезпечності виконуються.

6.4. Вплив деталей та механізмів що рухаються і обертаються

Механізмами, які обертаються в агрегаті є шнеки, вали. Ці механізми є небезпечними, так як можливе нанесення ними механічних травм людині.

З метою запобігання травм всі частини машини, що обертаються та рухаються забезпечуються загороджувальними пристроями, встановленими на висоті до 2,5 м і по можливості закриваються кожухами.

Для аварійної зупинки передбачені кнопки аварійного відключення. На електродвигунах встановлені аварійні вимикачі. Робітники забезпечені індивідуальними засобами захисту:

- комбінезонами групи М - для захисту від механічних пошкоджень;
- спеціальне взуття відповідне до спецодягу;
- засоби захисту рук - рукавиці з бавовни.

6.5. Виробниче освітлення.

У світлий час доби приміщення освітлюється природним, бічним, однорідним світлом. У приміщенні є віконні прорізи, площа яких не менша 10 м². Так як виробництво безперервне, то у темний час доби освітлення штучне. Штучним джерелом освітлення промислового приміщення є дугові ртутні лампи ДРЛ-400 потужністю 400Вт у кількості 8 шт., які забезпечують світловий потік 19000 лм.

Фактичне значення штучного освітлення $E_f=240\text{лк}$, що відповідає нормам $E_f>E_n$. Для місцевого освітлення використовується вакуумна лампа накаливання НВ, що дає освітлення $E=200\text{лк}$ і відповідає СЕГиТТ II-4-79.

Крім робочого освітлення передбачено аварійне освітлення. Норма освітленості при аварійному освітленні складає 0,5% від загальної освітленості, але не менше ніж 2 лк. При відключенні робочого, для продовження робіт, буде вмикатися аварійне освітлення, яке під'єднане до мережі, яка незалежна від мережі робочого освітлення.

6.6. Надзвичайні ситуації.

Відповідно ОНТП 24-86 виробництво належить до категорії "В" пожежної небезпеки. По ступені вогнестійкості належить до 1 ступеня.

Для будинків цього ступеня вогнестійкості необхідно, щоб межа вогнестійкості несучих стін, стін сходових кліток, колон була не меншою ніж 2,5 год, сходових площадок і прольотів не менше 1 год, зовнішніх стін з

начіпних панелей, перегородок і покриттів не менше 0,5 год. Протипожежні двері, вікна і ворота в протипожежних стінах повинні мати межу вогнестійкості не менш 1,2 год. Число евакуаційних виходів з будинків, приміщень не менш двох. Ширина ділянки шляху евакуації 1,5 м, а дверей на шляхах евакуації - їм.

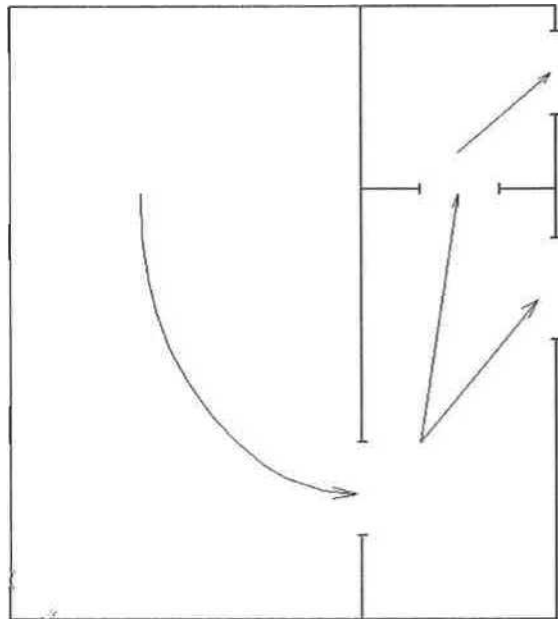


Рисунок 6.3. План-схема евакуації

У приміщенні передбачена пожежна сигналізація - теплові пожежні сповіщувачі. Інформація із сповіщувачів надходить на загально-цехову станцію. Також передбачені протипожежні щити і шухляди з піском.

Для виникнення горіння необхідна наявність горючої речовини. У виробничому приміщенні, де працює агрегат пожежа може виникнути внаслідок порушення технологічного процесу, несправності електроустаткування і електропроводки, іскри при електро- і газозварювальних роботах.

Досить часто як первинні засоби пожежогасіння використовують вогнегасники, які характеризуються високою вогнегасною спроможністю та значною швидкістю. Для гасіння невеликих ділянок спалаху при відключеному електроустаткуванні застосовують вуглекислотні вогнегасники ОП-9 (5 шт.) і пінні вогнегасники ОХП-ІО (3шт). Вуглекислотні вогнегасники застосовують також для гасіння складів з ЛВЖ, акумуляторних станцій і т.д. Проте, двоокис вуглецю не можна застосовувати для гасіння речовин до складу молекул, яких входить кисень,

лужних і лужноземельних металів, а також тліючих матеріалів. Легко-пінний вогнегасник призначений для гасіння загоряння легкозаймистих рідин, горючих рідин, твердих матеріалів, тому для гасіння включених електромереж застосовують порошкові вогнегасники ОП-10 (3 шт.).

У приміщенні також розташовані три балони з ацетиленом об'ємом 8 л. для газозварювальних робіт. Балони виконані з вуглецевої сталі. Робочий тиск - 9,8 МПа. Колір балонів - білий з червоним надписом «Ацетилен».

¹ Балони з газом, які встановлюють в приміщеннях, повинні розташовуватися на відстані не менш ніж 1м. від радіаторів опалення та інших опалювальних приладів та печей, а від джерел тепла з відкритим вогнем - не менш ніж 5м. Балони з насадженими на них «черевиками» повинні зберігатися в вертикальному положенні в спеціально обладнаних гніздах, клітках або повинні бути огорожені бар'єром.

Оскільки у приміщенні зберігаються балони з газом, то, згідно СН 305- 77 приміщення повинне бути обладнане громовідводами (рисунок 6.4.), що захищають від прямих ударів блискавки.

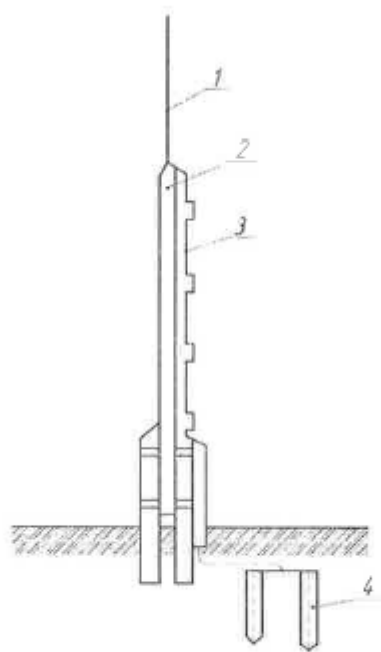


Рисунок 6.4. Схема громовідводу

1 - блискавкоприймач, 2 - несуча частина конструкції, 3 - струмовідвід,
4 - заземлення.

Протипожежні заходи:

застосування герметичного обладнання; контроль складу горючої суміші; відведення і
ізоляція займистою середовища;

Заходи пожежозахисту:

застосування системи активного придушення вибуху; застосування пожежної сигналізації,
засобів пожежогасіння; евакуація людей, система протипожежної та протидимної
безпеки;

застосування засобів індивідуального захисту та колективних (протигази,
респіратори, спеціальний термозахисний одяг).

7. Економіка з розробкою стартап-проекту

7.1. Обґрунтування доцільності проектування нових машин з

урахуванням вимог споживача

Хімічне машинобудування, що виробляє устаткування для хімічної промисловості й суміжних з нею нафтохімічної, газової, мікробіологічної, целюлозно-паперової та інших галузей народного господарства являє собою велику галузь народного господарства країни, яка має свої великі заводи, наукову та лабораторну бази. Хімічне машинобудування є багатoproфільною галуззю, що поставляє обладнання для всіх галузей народного господарства.

Основними завданнями науково-технічного прогресу в хімічному машинобудуванні є збільшення випуску продукції, економія матеріалів і зниження трудомісткості виробів основного виробництва.

Фасувально-пакувальний агрегат АРМ призначений для фасування і пакування будівельної мастики в брикети. Його основними перевагами є велика точність і акуратність фасування продукту під суворим автоматичним контролем, а також точність його зважування. Дозуючий пристрій в даному агрегаті представлений у вигляді горизонтального шнекового дозатора, який відіграє переважну роль у процесі. Продукт потрапляє в завантажувальний бункер, де за допомогою шнека ретельно перемішується в однорідну суміш і дозується у вже сформовані брикети.

Недоліками базового дозатора є невисока продуктивність та нерівномірний розподіл матеріалу в бункері при роботі шнека та наявність застійних зон в наслідок зменшення швидкості руху матеріалу; Ці недоліки є причиною низької якості кінцевого продукту.

Для усунення недоліків було проведено модернізацію, суть якої полягає у заміні базового горизонтального одношнекового дозатора на спеціально розроблений вертикальний двокамерний дозуючий пристрій з двома шнеками, у завантажувальному бункері якого встановлено додатковий шнек з витками, що направлені у сторону, протилежну двом основним, з метою поліпшення подачі мастики до камер дозуючого пристрою. Це дозволило ліквідувати застійні зони, що підвищило ефективність роботи, збільшилась продуктивність, а також забезпечилася безперервність і отримання продукту, за рахунок чого зросла економічність процесу.

Основні технічні показники базового та проектного обладнання

| Показник | Одиниця виміру | Техніка | |
|--------------------------------------|---------------------|---------|-------------|
| | | Базова | Проектowana |
| Зайнята площа | м ² | 7,3 | 7,3 |
| Продуктивність за рік | м ³ /рік | 38007 | 43502 |
| Продуктивність на годину | м ³ /год | 6,64 | 7,6 |
| Встановлена потужність | кВт | 2,2 | 2,2 |
| Маса | кг | 1390 | 1410 |
| Термін служби | міс. | 36 | 36 |
| Чисельність обслуговуючого персоналу | чол | 1 | 1 |

Керівник проекту

к.т.н., доц. Сідоров Д.Е.
(посада, наук, ступінь, наук, звання ПБ)

Потенційними споживачами модернізованого обладнання можуть бути підприємства хімічної, будівельної, харчової галузі, які займаються виготовленням та пакуванням пластичних матеріалів у брикети. Додаткові вимоги переважно висувуються щодо зміни об'єму брикетів та швидкості дозування. Прогнозна величина замовлення - по одному агрегату на лінію пакування. Строки виконання - 40 діб, що включає в себе виготовлення, складання, випробування та монтаж агрегату на виробничій лінії.

7.2. Розрахунок витрат для обґрунтування ціни

7.2.1. Загальний розрахунок собівартості

Для розрахунку собівартості використовуємо формулу (7.1):

$$C_M = \left\{ \left[M + Z_{осн} \left(1 + \frac{P}{100} \right) + Z_{осн} \frac{\alpha}{100} \right] \cdot \left(1 + \frac{\eta}{100} \right) \right\} + \frac{Z_{пр}}{N} \quad (7.1)$$

C_M – собівартість оновленого/модернізованого обладнання;

M – витрати на матеріали, напівфабрикати та покупні вироби;

$Z_{осн}$ – основна заробітна плата виробничих робітників;

P – витрати на експлуатацію та обслуговування обладнання, цехові та загальнозаводські витрати;

α – додаткова заробітна плата та нарахування;

η – позавиробничі витрати;

$Z_{пр}$ – загальні витрати на проектні роботи;

N – кількість модернізованого обладнання.

Для спрощення розрахунків зі складу витрат виключені витрати на проектні роботи, тому останній доданок у (7.1) – нульовий.

7.2.1.1. Витрати на матеріали, напівфабрикати та покупні вироби.

Витрати на матеріали розраховуємо диференційовано за окремими найменуваннями й марками з урахуванням проведення модернізації. Ціни на матеріали визначені за даними сайту «ІнтерБуд» (www.interbud.org.ua) на момент дипдомування. Результати розрахунку зводимо до таблиці (Таблиця 7.2)

Таблиця 7.2

Витрати матеріалів на машину, що модернізується

| Матеріал | Одиниця виміру | Марка | Чорна маса, кг | Коефіцієнт використання | Чиста маса, кг | Ціна за 1 тону, грн. | Сума, грн. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------|----------------|----------------------|------------|
| Сталь листова | | Ст30Х | 12 | 0.95 | 11.4 | 7210 | 82,20 |
| Сталь прокатна | | Ст45 | 60 | 0.95 | 57 | 6580 | 375,06 |
| Всього | | | | | | | 457,26 |
| Транспортно-заготівельні витрати (6-8% від загальної вартості матеріалів). Приймаємо 7%. | грн. | $T_{з.в.} = \frac{457.26 * 7}{100} = 32.01$ | | | | | 32,01 |
| Відходи (приймаємо 20% від вартості матеріалу) | грн. | $C_{в.}(Ст30Х) = 0,2 * 82,20 = 16,44$ $C_{в.}(Ст45) = 0,2 * 375,06 = 75,02$ | | | | | 91,46 |
| Сума врахованих матеріалів | грн. | 457,26+32,01-91,46=397,81 | | | | | 397,81 |
| Інші невраховані матеріали (8-10% від вартості врахованих матеріалів). Приймаємо 9%. | грн. | $C_{н.м.} = \frac{397,81 * 9\%}{100} = 35,81$ | | | | | 35,81 |
| Всього матеріалів | грн. | 397,81+35,81=433,62 | | | | | 433,62 |

Розраховані дані по витратах на придбання напівфабрикатів і покупних виробів зведені до таблиці 7.3. Ціни на матеріали визначені за даними сайту «ЕлектроМотор» (electromotor.com.ua) на момент дипломування.

Таблиця 7.3

Витрати на придбання напівфабрикатів і покупних виробів

| Витрати | Одиниця | Марка | Ціна за одиницю | Кількість | Сума грн. |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------|-----------------|-----------|-----------|
| Шнек | шт. | T40 | 211 | 2 | 422 |
| Шнек | шт. | 08X18H10 | 170 | 1 | 170 |
| Підшипник | шт. | 7205 | 40 | 4 | 160 |
| Підшипник | шт. | 7208 | 48 | 2 | 96 |
| Двигун-редуктор | шт. | 1МЦ2С-63 | 2516 | 1 | 2516 |
| Всього | | | | | 3364 |
| Транспортні витрати (6-8% вартості). Приймаємо 7%. | $T_p = \frac{3364 * 7\%}{100} = 235,48$ | | | | 236 |
| Всього | 3364+236=3600 | | | | 3600 |

Виходячи з даних таблиць 7.2 та 7.3 визначаємо витрати на матеріали, як суму покупних виробів та витрат на матеріали:

$$M = M_{\text{пок}} + M_{\text{ум}} = 3600 + 433,62 * 4034 \text{ грн.}$$

7.2.1.2. Основна та додаткова заробітна плата робітників

Основну заробітну плату виробничих працівників визначаємо за формулою (7.2):

$$Z = T_m - C \quad (7.2)$$

де T_m - нормативна трудомісткість виготовлення установки, що проектується;

$C_{\text{тер}}$ ~ тарифна ставка середнього розряду, за даними ТОВ «Станкін» $C_{\text{тер}} = 19$ грн. для IV розряду.

Нормативну трудомісткість виготовлення проектного обладнання визначаємо за допомогою питомої трудомісткості виготовлення одиниці маси базового устаткування за формулою (7.3):

$$T_H = C_M - K \quad (7.3)$$

де:

- маса нового обладнання(120кг);

K — питома трудомісткість на 1 кг чистої ваги, за даними ТОВ «Станкін» $K = 0,6$ год/кг.

Підставляємо значення в формулу (7.3):

$$T_H = C_M - K = 120 - 0,6 = 72 \text{ год.}$$

Підставляючи числові дані до формули (7.2) отримуємо:

$$Z_{осн} = T_H - C_{маш} = 72 - 19 = 1368 \text{ грн.}$$

Визначаємо розмір додаткової заробітної плати a та нарахувань у відсотках від основної заробітної плати, який складається з:

- додаткової заробітної плати, у розмірі 50% від основної;
- єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування, який

приймаємо 38 %. Приймаємо $a = 88\%$.

7.2.1.3. Витрати на експлуатацію та обслуговування обладнання, цехові та загальнозаводські витрати.

$P = 180-230\%$ - витрати на експлуатацію та обслуговування обладнання, цехові та загальнозаводські витрати у відсотках від основної заробітної плати виробничих робітників. Приймаємо $P=205\%$.

7.2.1.3. Позавиробничі витрати

$$C_M = \left\{ \left[M + 3_{OCH} \left(1 + \frac{P}{100} \right) + 3_{OCH} \frac{\alpha}{100} \right] \cdot \left(1 + \frac{\eta}{100} \right) \right\} + \frac{3_{PP}}{N} =$$
$$= \left\{ \left[4034 + 1368 \left(1 + \frac{205}{100} \right) + 1368 \frac{88}{100} \right] \cdot \left(1 + \frac{2}{100} \right) \right\} + 0 = 9598.4 \text{ грн}$$

* $\mu = 1,5 - 2,5\%$, - позавиробничі витрати від загальної собівартості.

Приймаємо $\alpha = 2\%$.

Підставляючи числові дані до формули (7.1) отримуємо витрати на модернізацію, грн.:

7.2.2. Розрахунок ціни

Розрахункову ціну нового обладнання визначаємо на базі її собівартості C_M , нормативного валового прибутку Π_H і податку на додану вартість H :

$$C_M = C_M + \Pi_H + H, \quad (7.4)$$

$$\Pi_H = C_M \cdot \frac{\eta}{100} = \frac{9599 \cdot 20}{100} = 1920 \text{ грн}, \quad (7.5)$$

За формулою (7.5) розраховуємо нормативний прибуток:

Де μ - норматив рентабельності по собівартості у розмірі, μ — 5 - 30%. Приймаємо $\mu = 20\%$.

За формулою (7.6) розраховуємо податок на додану вартість:

$$H = (C_M + \Pi_H) \cdot \frac{y}{100} = (9599 + 1920) \cdot \frac{20}{100} = 2304 \text{ грн}, \quad (7.6)$$

де: $y = 20\%$ - ставка податку на додану вартість.

Підставляючи числові дані до формули (7.4) отримуємо розрахункову ціну нового обладнання:

$$Ц_m = C_m + П_n + H = 9599 + 1920 + 2304 = 13823 \text{ грн.}$$

Ціна базового обладнання:

$$Ц_b = 12400 \text{ грн.}$$

7.3. Розрахунок техніко-економічних показників до та після оновлення обладнання

7.3.1. Капітальні витрати.

Капітальні витрати - це сума одночасних витрат на нову техніку, розраховуються за формулою (7.7.) :

$$K = Ц_m + Ц_{см} + K_{дм} + K_{б\gammaд} + K_c, \quad (7.7)$$

де $Ц_m$ - вартість придбання зразка обладнання, що розглядається.

$Ц_{см}$ ~ вартість суміжного обладнання, що працює у комплексі з цим зразком, $Ц_{см} = 0$, за відсутністю суміжного обладнання;

$K_{дм}$ — витрати на доставку та монтаж обладнання, що модернізується;

$K_{б\gammaд}$ - витрати на виробничі споруди;

K_c - спеціальні капітальні витрати (КВП і автоматика та ін.).

Витрати на доставку, монтаж машини та будівництво фундаменту розраховуємо у відсотках від ціни машини, вони складають 8-12%, приймаємо 10%.

$$K_{дм} = Ц_m \cdot \frac{10}{100} = 13823 \cdot 0,1 = 1382 \text{ грн.} \quad (7.8)$$

$$K_{дб} = Ц_b \cdot \frac{10}{100} = 12400 \cdot 0,1 = 1240 \text{ грн.} \quad (7.9)$$

Витрати на виробничі будівлі ($K_{б\gammaд}$) обчислюємо за формулою:

$$K_{б\gammaд} = S \cdot \eta_r \cdot Ц_{б\gammaд}, \quad (7.10)$$

де: S — площа обладнання в плані, $S = 7,3 \text{ м}^2$;

η_r - коефіцієнт, що враховує додаткову площу на проходи, службові приміщення тощо згідно табл. 7.4;

Спеціальні витрати на автоматику та КВП розраховуємо у відсотках від ціни машини, вони складають 10-15%, приймаємо 13% .

$$K_{C6} = C_6 \cdot \frac{13}{100} = 12400 \cdot 0,13 = 1612 \text{ грн.} \quad (7.12)$$

$$K_{C.M} = C_M \cdot \frac{13}{100} = 13823 \cdot 0,13 = 1797 \text{ грн.} \quad (7.13)$$

Таблиця 7.4.

Коефіцієнт врахування додаткової площі

| Площа під обладнання, м ² | до 2 | 2,1-4 | 4,1-6 | 6,1-10 | 10,1-20 | понад 20 |
|--------------------------------------|------|-------|-------|--------|---------|----------|
| Коефіцієнт η_g | 4,0 | 3,5 | 3,0 | 2,5 | 2,0 | 1,5 |

$C_{\text{буд}}$ – питома вартість виробничої площі, яка складає 700-900 грн. за м². Приймаємо 800 грн/ м.²

Звідси:

$$K_{\text{БУД},6} = K_{\text{БУД},M} = 7,3 \cdot 2,5 \cdot 800 = 14600 \text{ грн.} \quad (7.11)$$

Спеціальні витрати на автоматику та КВП розраховуємо у відсотках від ціни машини, вони складають 10-15%, приймаємо 13% .

$$K_{C6} = C_6 \cdot \frac{13}{100} = 12400 \cdot 0,13 = 1612 \text{ грн.} \quad (7.12)$$

$$K_{C.M} = C_M \cdot \frac{13}{100} = 13823 \cdot 0,13 = 1797 \text{ грн.} \quad (7.13)$$

Підставляючи числові дані до формули (7.7) отримуємо:

$$K_6 = C_6 + C_{сб} + K_{дб} + K_{буд} + K_{сб} = 12400 + 0 + 1240 + 14600 + 1612 = 29852 \text{ грн.}$$

$$K_m = C_{и} + C_{см} + K_{дм} + K_{буд} + \wedge = 13823 + 0 + 1382 + 14600 + 1797 = 31602 \text{ грн.}$$

7.3.2. Річна продуктивність

Річну продуктивність обладнання Q_p розраховують за формулою

$$* \quad Q_p = Q_{г} \cdot F_{д} , \quad (7.14)$$

де: $Q_{г}$, - годинна продуктивність, $Q_{г} = 6,64 \text{ м}^3/\text{год}$;

$F_{д}$ - дійсний річний фонд часу роботи одиниці обладнання, год.

Дійсний річний фонд часу роботи нового та базового обладнання обчислюють за формулою

$$F_{д} = F_{н} \cdot \left(1 - \frac{\delta}{100}\right), \quad (7.15)$$

де: $F_{н}$ – річний номінальний фонд часу роботи одиниці устаткування, год.

δ – відсоток часу простою устаткування у планово-попереджувальному ремонті до номінального фонду часу. Величина δ може бути прийнята у розмірі 4-10%. Приймаємо 5% для модернізованої і 10% для базової машини.

$F_{н}$ – визначаємо за формулою:

$$F_{н} = S \cdot h \cdot D_p , \quad (7.16)$$

де: S – кількість змін роботи на добу, на момент дипломування $S = 3$;

h – тривалість робочої зміни, годин, $h = 8$ годин.

D_p – кількість робочих днів у році за календарем, $D_p = 265$.

Підставляючи числові дані до формули (7.16) отримуємо:

$$F_H = S \cdot h \cdot D_p = 3 \cdot 8 \cdot 265 = 6360 \text{ год.}$$

Підставляючи числові дані до формули (7.15), отримуємо дійсний річний фонд часу роботи устаткування до модернізації та після:

$$F_{дв} = F_H \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 6360 \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 5724 \text{ год.};$$

$$F_{дм} = F_H \cdot \left(1 - \frac{5}{100}\right) = 6360 \cdot \left(1 - \frac{5}{100}\right) = 6042 \text{ год.}$$

Підставляючи числові дані до формули (7.14), отримуємо річну продуктивність модернізованої та базової машини:

$$Q_{PB} = Q_{г'} \cdot F_{дв} = 6.64 \cdot 5724 = 38007 \text{ м}^3/\text{рік.};$$

$$Q_{PM} = Q_{г'} \cdot F_{дм} = 7.2 \cdot 6042 = 43502 \text{ м}^3/\text{рік.}$$

$$Q_{PB} < Q_{PM}$$

7.3.3. Поточні витрати на утримання та експлуатацію базового та проектного обладнання

Витрати на оплату праці допоміжних робітників, що обслуговують обладнання, розраховуються за формулою:

$$C_3 = \frac{1}{100} \cdot \sum_{i=1}^m t_{Ci} \cdot F_d \cdot \eta_d \quad (7.17)$$

де: m – кількість основних робітників, які обслуговують устаткування, $m=1$;

t_{Ci} – годинна тарифна ставка робітника, за даними ВАТ «ТетраПак»

$t_{Ci} = 18 \text{ грн.};$

F_D – дійсний річний фонд часу, год.;

$\eta_D = 1,5-1,7$ – коефіцієнт, що враховує доплати до основної заробітної плати, приймаємо $\eta_D = 1,7$ згідно [3].

Підставляючи числові дані до формули (7.17), отримуємо:

$$C_3 = t_{CI} \cdot F_{ДВ} \cdot \eta_D = 18 \cdot 5724 \cdot 1,7 = 175154 \text{ грн.}$$

$$C_3 = t_{CI} \cdot F_{ДМ} \cdot \eta_D = 18 \cdot 6042 \cdot 1,7 = 184885 \text{ грн.}$$

Нарахування на заробітну плату єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування у галузі машинобудування становлять 37,6 – 38,54 % зарплатного фонду. Для спрощення розрахунків припустимо 38 % для підприємств всіх видів економічної діяльності у галузі машинобудування.

Таким чином:

$$H_{3.P.} = C_{3B} \cdot \frac{38}{100} = 175154 \cdot \frac{38}{100} = 66558 \text{ грн.} \quad (7.18)$$

$$H_{3.P.} = C_{3M} \cdot \frac{38}{100} = 184885 \cdot \frac{38}{100} = 70256 \text{ грн.} \quad (7.19)$$

Витрати на електроенергію залежать від потужності встановлених на обладнанні електродвигунів, ступеню їх використання і обчислюються за формулою:

$$C_E = N_Y \cdot F_D \cdot K_B \cdot K_M \cdot Ц_E, \quad (7.20)$$

де : N_Y – сумарна встановлена потужність електродвигунів, кВт; $N_{Y.B.} = 2,2$ кВт;

$K_B = 0,7-0,8$ – коефіцієнт, що враховує використання електродвигунів протягом робочого дня; приймаємо $K_B = 0,8$;

$K_M = 0,7-0,9$ – коефіцієнт, що враховує використання встановленої

потужності електродвигунів машини. Приймаємо $K_M = 0,9$;

Π_E – середня відпускна ціна за один кВт/год електроенергії, грн., $\Pi_E = 0,28$ грн/кВт.

$$C_{Еб} = 2,2 \cdot 5724 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,28 = 2539 \text{ грн.} \quad (7.21)$$

$$C_{Em} = 2,2 \cdot 6042 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,28 = 2679 \text{ грн.} \quad (7.22)$$

Витрати на утримання та ремонт хімічного устаткування складають:

- 2,4% від вартості будівель та споруд;
- 8% від вартості обладнання (C_B та C_M).

$$C_{БУД,Б} = C_{БУД,М} = 14600 \left(\frac{2,4}{100} \right) = 350,4 \text{ грн.} \quad (7.23)$$

Для базового устаткування:

$$C_{ОБЛ,Б} = 40000 \left(\frac{8}{100} \right) = 3200 \text{ грн.} \quad (7.24)$$

Для проектового устаткування:

$$C_{ОБЛ,М} = 71602 \cdot \frac{8}{100} = 5728 \text{ грн.} \quad (7.26)$$

Амортизаційні відрахування з проектового та базового обладнання обчислюють з суміжного устаткування, споруд і будівель таким чином:

- амортизаційні відрахування з обладнання:

$$A_{УСТ} = 0,15(\Pi_{CM} + K_{ДМ}) + 0,25K_C, \quad (7.28)$$

де 0,15 та 0,25 запропоновані коефіцієнти річних амортизаційних відрахувань для спрощення обрахунків;

Звідси:

$$A_{УСТ,Б} = 0,15(\Pi_{Сб} + K_{Дб}) + 0,25K_{Сб} = 0,15(0 + 1240) + 0,25 \cdot 1612 = 589 \text{ грн.}$$

$$A_{УСТ,М} = 0,15(\Pi_{См} + K_{Дм}) + 0,25K_{См} = 0,15(0 + 1382) + 0,25 \cdot 1797 = 657 \text{ грн.}$$

- амортизаційні відрахування з будівель

$$A_{\text{буд}} = 0,05K, \quad (7.29)$$

де 0,05 - коефіцієнт річної амортизації для спрощення обрахунків, тому:

$$A_{\text{БУД } \delta} = A_{\text{БУЛ } M} = 0,05 \cdot 14600 = 730 \text{ грн.}$$

Поточні витрати на утримання та експлуатацію базового і проектного устаткування зводимо до таблиці:

Таблиця 7.5.

Поточні витрати на утримання та експлуатацію обладнання

| Стаття витрат | Величина витрат на обладнання, грн. | |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| | Базове | Проектоване |
| 1. Заробітна плата | 175154 | 184885 |
| 2. Нарахування на заробітну плату | 66558 | 70256 |
| 3. Витрати на енергію | 2539 | 2679 |
| 4. Витрати на утримання і поточний ремонт обладнання | 3200 | 5728 |
| 5. Витрати на утримання і поточний ремонт будівель | 350,4 | 350,4 |
| 6. Амортизаційні відрахування на обладнання | 589 | 657 |
| 7. Амортизаційні відрахування на будівлі | 730 | 730 |
| 8. Інші витрати | - | - |
| Всього | 249120,4 | 265285,4 |

7.4. Розрахунок ефективності нового обладнання

7.4.1. Верхня межа ціни

Розраховуємо верхню межу ціни за формулою:

$$C_{\text{вн}} = C_B \cdot \frac{Q_M}{Q_B} + \frac{(I'_B - I_M) + E_H (K'_B - K_M)}{a + E_H}, \quad (7.30)$$

де C_B - ціна базового обладнання;

Q_B, Q_M - річна продуктивність (обсяг робіт) відповідно базового та нового обладнання;

I'_B, I_M - поточні витрати споживача, без урахування відрахувань на реновацію відповідно з базового та нового обладнання, зведені до річної продуктивності нового обладнання:

$$I'_B = I_B \cdot \frac{Q_M}{Q_B} = 249120 \cdot \frac{43502}{38007} = 285137 \text{ грн.} \quad (7.31)$$

K'_B, K_M - супутні капітальні витрати споживача, без вартості відповідного базового та нового обладнання, зведені до річної обсягу робіт при новому обладнанні:

$$K'_B = K_B \cdot \frac{Q_M}{Q_B} = 29852 \cdot \frac{43502}{38007} = 34168 \text{ грн.}, \quad (7.32)$$

$E_H = 0,15$ - нормативний коефіцієнт капітальних вкладень.

Підставляючи числові дані до формули (7.30), отримуємо:

$$C_{\text{вн}} = 12400 \cdot \frac{43502}{38007} + \frac{(285137 - 265285) + 0,15(34168 - 31602)}{0,15} = 149105 \text{ грн.}$$

7.4.2. Сукупний ефект у виробника та у споживача

Сукупний ефект (E) від використання оновленого обладнання у виробника і споживача визначається на основі порівняння верхньої та нижньої межі ціни:

$$E = C_{вп} - C_{нп}, \quad (7.33)$$

Де $C_{вп}$ - верхня межа ціни;

$C_{нп}$ - нижня межа ціни з урахуванням податку на додану вартість, тобто:

Тоді:
$$C_{нп} \approx C_M \cdot \left(1 + \frac{\gamma}{100}\right) = 1,2 \cdot C_M = 1,2 \cdot 9599 = 11519 \text{ грн.} \quad (7.34)$$

$$E = 149105 - 11519 = 137586 \text{ грн}$$

Оновлене обладнання забезпечує підвищення якості виготовленої на ньому продукції, на яку встановлюється підвищена ціна, тому присутній додатковий ефект, який складе:

$$E_{дод} = (C'_M - C'_B) - (2_M = (6,5 - 6,2)43502 = 13050 \text{ грн.} \quad (7.35)$$

де C , C'_M - ціна одиниці продукції, виготовленої відповідно на базовому та оновленому обладнанні.

7.4.3. Висновок

Економічну частину магістерської дисертації закінчуємо системними підсумками і порівнянням техніко-економічних показників проекрованої та базової машин. Розрахунки зводимо в таблицю:

Порівняння техніко-економічних показників базового та проектного обладнання

| Показники | Одиниця виміру | обладнання | | примітка |
|--------------------------------------|----------------|------------|----------|----------|
| | | базове | проектне | |
| Річна продуктивність | м ³ | 38007 | 43502 | |
| Продуктивність за 1 годину | м ³ | 6,64 | 7,6 | |
| Загальна маса | кг | 1390 | 1410 | |
| Встановлена потужність | КВт | 2,2 | 2,2 | |
| Собівартість | грн. | 8620 | 9599 | |
| Розрахункова ціна | грн. | 12400 | 13823 | |
| Капітальні вкладення | грн. | 29852 | 31602 | |
| Поточні витрати | грн./рік | 249120,4 | 265285,4 | |
| Чисельність обслуговуючого персоналу | осіб | 1 | 1 | |
| Продуктивність праці | од./люд.рік | 5724 | 6042 | |

У результаті оновлення були ліквідовані недоліки агрегату, такі як невисока продуктивність та нерівномірний розподіл матеріалу в бункері при роботі шнека та наявність застійних зон в наслідок зменшення швидкості руху матеріалу, у результаті чого підвищилась ефективність роботи, збільшилась продуктивність, а також забезпечилась безперервність отримання продукту, за рахунок чого зросла економічність процесу.

Також у результаті оновлення присутній позитивний сукупний ефект у виробника та споживача, що свідчить про доцільність оновлення обладнання. Його розмір з врахуванням зростання попиту свідчить про прогнозні надходження коштів до підприємств, що використовують оновлене обладнання.

Також наявний додатковий ефект від забезпечення підвищення якості продукції, виготовленої на цьому обладнанні, що засвідчує оптимістичний прогноз реалізації такого обладнання на ринку виробників даної продукції.

7. Очікувані механіко-економічні показники та висновки

У даному розділі магістерської дисертації на тему “Фасувально- пакувальний агрегат для пакування будівельної мастики з модернізацією дозувального пристрою” було розглянуто агрегат АРМ, його призначення та галузь застосування, наведено технічні характеристики базової машини, описано її конструкцію та принцип дії. Також було виконано літературний та патентний огляд стану питання, та розроблено наступні частини: “Автоматизація фасувально-пакувального агрегату для пакування будівельної мастики в брикети”, “Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях”, а також економічну частину.

У результаті оновлення були ліквідовані недоліки агрегату, такі як невисока продуктивність та нерівномірний розподіл матеріалу в бункері при роботі шнека та наявність застійних зон в наслідок зменшення швидкості руху матеріалу, у результаті чого підвищилась ефективність роботи, збільшилась продуктивність, а також забезпечилась безперервність отримання продукту, за рахунок чого зросла економічність процесу.

Системні підсумки і порівняння техніко-економічних показників базового та проектного апарату зведені до таблиці 8.1.

Таблиця 8.1.

| Показник | Одиниця | Машина | |
|-----------------------------------|---------|--------|-------------|
| | | базова | проектована |
| Продуктивність за 1 годину | шт/год. | 3000 | 4500 |
| Встановлена потужність > | кВт | 2,2 | 2,2 |
| Маса обертових частин | кг | 40 | 34 |
| Г абаритні розміри | | | |
| довжина | м | 2920 | 2920 |
| ширина | | 1340 | 1340 |
| висота | | 1520 | 1640 |
| Строк служби до планового ремонту | міс. | 6 | 12 |

II. РОЗРАХУНКИ

II. РОЗРАХУНКИ

Зміст

| | Стор. |
|-----------------------------------------------------------------------|-------|
| 1. Кінематичні і параметричні розрахунки | 2 |
| 1.1 Продуктивність дозатора | 2 |
| 1.2 Енерговитрати дозатора | 5 |
| 1.3 Розміри шнека дозатора | 7 |
| 1.4 Параметри шнека дозатора | 9 |
| 1.5 Параметри стрічки транспортера | 13 |
| 1.6 Потужність приводу транспортера | 19 |
| 1.7 Розрахунок тягового пристрою | 21 |
| 2. Розрахунки на міцність | 24 |
| 2.1 Шнек завантажувача | 24 |
| 2.2 Вибір муфти транспортера | 29 |
| 2.3 Вибір підшипників транспортера | 33 |
| 3. Розрахунок на міцність в графічній програмі ЗоНсПУогкз | 36 |
| 3.1 Вихідні дані для розрахунку | 36 |
| 3.2 Побудова розрахункової схеми черв'яка дозуючого пристрою | 37 |
| 3.3 Нанесення навантажень та закріплень | 37 |
| 3.4 Задання властивостей матеріалу | 39 |
| 3.5 Розрахунок на міцність за допомогою додатку | 39 |
| Література | 43 |
| Додаток | 44 |

1. Кінематичні та параметричні розрахунки

1.1 Продуктивність дозатора.

Дозатор автоматів служить для наповнення коробок певною дозою продукту. Так як дозувальні пристрої формують дози (порції) продукції, то характерною продуктивністю для них буде штучна.

Штучну продуктивність дозаторів можна визначити за формулою:

$$Z = \frac{k}{t_{\Sigma}};$$

де k — кількість дозувальних пристроїв, що одночасно формують дозу продукції;

— сумарний час формування і переміщення дози в споживчу тару. Тривалість циклу дозування здебільшого визначають за циклограмою роботи дозатора.

На етапі проектування враховуються всі складові витрат часу від моменту заповнення однієї дози до іншої. Так, наприклад:

$$t_{\Sigma} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4,$$

де, t_1 — тривалість заповнення мірної ємності продукцією, визначається за довідниковими даними або експериментально для конкретного виду і стану продукції і конструктивного виконання дозатора;

t_2 — тривалість переміщення мірної ємності із позиції заповнення в позицію випорожнення;

t_3 — тривалість випорожнення мірної ємності;

t_4 , — тривалість передачі сигналів керування на включення, виключення етапів операції дозування, в наближеному варіанті можна приймати в межах 0,5-0,7 с.

Експериментально встановлено, що тривалість заповнення мірної ємності продукцією значно менша тривалості випорожнення. Відповідно принципу роботи і циклограмі стаканчикового дозатора карусельного типу, шнекового і маятникового дозаторів дані етапи виконуються в процесі руху мірних ємностей і суміщені в часі. Це дозволяє на етапі проектних розрахунків під час визначення тривалості циклу дозування не враховувати Ц.

Тривалість випорожнення мірної ємності можна визначити як:

$$t_3 = W / \Pi,$$

де W-об'єм дози продукції;

Π - пропускна здатність випускного каналу мірної ємності, визначається

$$\Pi = \mu_0 + f_{\text{еф}} + v;$$

$$\Pi = 0,7 + 78,5 + 55 = 134,2$$

$$t_3 = 402,6 / 134,2 = 3 \text{ с}$$

$$\mu_0$$

— коефіцієнт втрат швидкості переміщення частинки в порівнянні з вільним гравітаційним падінням. Втрати, викликані внутрішнім тертям і зчепленням частинок, тертям по поверхням мірної ємності. Коефіцієнт втрат визначається експериментально, можна приймати в межах 0,7-0,9;

$f_{\text{еф}}$ - ефективна площа поперечного перерізу вихідного каналу мірної ємності, для циліндричної є

$$f_{\text{еф}} = \frac{\pi * D^2}{4},$$

$$f_{\text{еф}} = 3Д4 * 100/4 = 78,5$$

D — внутрішній діаметр мірного стакана;

v — швидкість вільного падіння частинки на межі контакту з лійкою, можна

визначити як $v = (2gH)^{0,5}$,

$$17 = (2 * 10 * 100)^{0,5} = 55$$

* Н — висота мірного стакана (мірної ємності).

$$= 3 + 2 + 4 + 0,7 = 9,7 \text{ с}$$

$$Z = 6 \text{ шт/хв}$$

Тривалість переміщення мірної ємності з позиції заповнення в позицію випорожнення визначають, приймаючи припущення, що рух є сталим ($w, v = \text{const}$), для карусельного компонування:

$$2 * \pi$$

$$t_2 = \frac{\varphi_0}{w};$$

де (φ_0) — кут розташування мірних ємностей, визначна

$$\varphi_0 = \frac{2 * \pi}{\mu_0} \text{ — кількість мірних ємностей в } \mu_0$$

$$w \text{ — кутова швидкість каруселі} \quad w = \frac{\pi * n}{30}$$

n-частота обертання каруселі;

Для лінійного компонування:

$$t_2 = \frac{L}{v}$$

$$t_2 = 2 \text{ с}$$

де B —відстань між центрами мірних ємностей в позиціях заповнення і випорожнення;

V — лінійна швидкість переміщення мірної ємності за сталого режиму руху

1.2 Енерговитрати дозатора

В практичній діяльності вихідними даними для проектування є: продуктивність; продукція; величина дози; тип і вид тари. За таких умов визначають кількість мірних ємностей при прийнятій частоті обертання каруселі, а для лінійного компонування — лінійну швидкість переміщення мірних ємностей.

На проектному етапі розрахунків енерговитрати можна визначати з дещо спрощених виразів:

для карусельного компонування стаканчикових дозаторів:

$$N = \frac{T * \omega_c}{1000 * \eta}$$

$$N = 2,2 \text{ кВт}$$

де T — крутний момент на приводному валу каруселі, Нм;
 ω_c — кутова швидкість обертання каруселі за сталого режиму руху.

Крутний момент T на приводному валу можна визначити як

$$T = \kappa_1 * \kappa_2 * M_0$$

Де κ_2 коефіцієнт, що враховує подрібнення частинок продукції

$\kappa_1 = 1,05 - 1,1$;

κ_2 коефіцієнт, що враховує динамічну складову в момент початку руху каруселі (для періодичної дії), приймають

$\kappa_2 \sim 1,2 - 1,4$;

$\sum M_0$ — сумарний статичний момент опору переміщенню каруселі, враховує

$$\sum M_0 = M_1 + M_2 + M_3$$

M_1 — момент опору в підшипниках вертикального вала каруселі, визначається за відомими формулами з дисципліни «Підйомно-транспортні машини»;

M_r — момент опору переміщенню роликів заслінок мірних ємностей по котру,

$$M_2 = \kappa_3 * N_2 * (2 * k) / r_p R_1$$

N_2 -нормальна реакція від тиску ролика на копір (залежить від ваги продукції в мірній ємності, ваги заслінки, розташування і конструкції ролика та конструкції кулачка);

k_3 — коефіцієнт, що враховує додатковий опір переміщенню ролика по копіру через налипання частинок продукції на поверхню копіра, $k_3 = 1,02—1,05$;

k — коефіцієнт кочення ролика по копіру;

r_p — радіус ролика;

r_p — радіус траєкторії переміщення роликів заслінок відносно приводного вертикального вала;

M_3 — момент опору від переміщення шарів сипкої продукції в момент виходу стаканчика із зони його заповнення, $M_3 = F_0 \cdot p_v \cdot f_{cg} \cdot R_2$;

ρ_y — тиск продукції в бункері на частину верхнього диску, можна визначити за формулою Янсена:

$$\rho_y = \frac{R_r \cdot p}{f_{сп} \cdot K}$$

R_r гідравлічний радіус випускного отвору бункера, визначається:

$$R_r = R_0 / \Pi_0$$

Де R_0 , Π_0 площа і периметр випускного отвору бункера;

p — щільність продукції в бункері;

$f_{сп}$ — коефіцієнт внутрішнього тертя продукції;

K — коефіцієнт переміщення продукції, визначається як:

$$K = (1 - \sin(\rho)) / (1 + \sin(\rho))$$

(ρ - кут природного відкосу продукції;

1.3 Розміри черв'яка

Черв'як є основним вузлом завантажувача і призначений для транспортування матеріалу в бункер дозатора, а також для ретельного перемішування. Діаметр черв'яка є основним параметром, що характеризує продуктивність машини. У лінії, представлений в

данній магістерській дисертації використовуються два черв'яка, зовнішній діаметр яких $D=70$ мм. Інші параметри черв'яка вибираються в залежності від матеріалу, що переробляється. У даному випадку матеріалом, що переробляється, є мастика і базові параметри черв'яка обчислюються виходячи з залежностей представлених нижче.

Крок профілю - відстань між однойменними сторонами двох сусідніх витків, обмірювана в напрямку осі черв'яка:

$$t = (0,7 + 0,8) \cdot D = 0,7 \cdot 70 = 50 \text{ мм.}$$

$$\varphi = \arctg \frac{t}{\pi \cdot D} = \arctg \frac{63}{3,14 \cdot 70} = 7,6^\circ$$

Для транспортування мастики вибираємо черв'як однозахідний.

Кут підйому гвинтової лінії обумовлює продуктивність і тиск всередині корпуса:
Товщина гребеня черв'яка:

$$e = (0,08 \cdot 0,12) \cdot D = 0,08 \cdot 70 = 5,6 \text{ мм.}$$

Зазор між черв'яком і гільзою складає:

$$s = (0,002 + 0,003) \cdot D = 0,002 \cdot 70 = 0,14 \text{ мм.}$$

Найбільш часто застосовують профіль нарізки, що характеризується наявністю радіуса закруглення:

$$R = (0,12 \cdot 0,18) \cdot D = 0,12 \cdot 70 = 8,4 \text{ мм.}$$

$$r = (0,06 \cdot 0,12) \cdot D = 0,06 \cdot 70 = 4,2 \text{ мм.}$$

Глибина гвинтового каналу складає:

$$h_1 = (0,12 - 0,016) \cdot D = 0,12 \cdot 70 = 12,4 \text{ мм.}$$

Глибина гвинтового каналу в зоні дозування складає:

$$h_2 = 0,5 \cdot \left[D - \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot h_1}{i} \cdot (D - h)} \right],$$

$$h_2 = 0,5 \cdot \left[70 - \sqrt{70^2 - \frac{4 \cdot 18}{2,1} \cdot (70 - 18)} \right] = 3,98 \text{ мм},$$

Діаметр внутрішнього отвору черв'яка приймаємо: $D=25\text{мм}$;

Діаметр стрижня в зоні дозуючої камери:

$$d_1 = D - 2 \cdot h_1 = 70 - 2 \cdot 18 = 34 \text{ мм};$$

Діаметр стрижня в зоні дозування:

$$d_2 = D - 2 \cdot h_2 = 70 - 2 \cdot 3,98 = 62,04 \text{ мм} .$$

Довжина торпеди;

$$L_{\text{торп}} = (0,6 \div 0,8) \cdot D = 0,6 \cdot 70 = 42 \text{ мм};$$

Довжина робочої частини черв'яка приймається:

$$L_{\text{раб}} = (10 \div 30) \cdot D = 10 \cdot 70 = 700 \text{ мм}.$$

Довжина зони завантаження приймається:

$$L_{\text{загр}} = (1,5 \div 3) \cdot D = 1,5 \cdot 70 = 105 \text{ мм}.$$

Довжина зони дозування приймається:

$$L_{\text{доз}} = (3 \div 6) \cdot D = 3 \cdot 70 = 210 \text{ мм}.$$

Довжина зони стиску приймається:

$$L_{\text{сж}} = L_{\text{раб}} - L_{\text{доз}} - L_{\text{загр}} = 700 - 105 - 210 = 385 \text{ мм}$$

Довжина евольвентного зачеплення приймається: $L_{\text{ев}} = 100 \text{ мм};$

Довжина відбійної частини приймається:

$$L_{\text{отб}} = (0,1 \div 0,5) \times D = 0,1 \cdot 70 = 7 \text{ мм}$$

Загальна довжина черв'яка:

$$L = L_{\text{раб}} + L_{\text{ев}} + L_{\text{отб}} + L_{\text{торп}} = 700 + 100 + 7 + 42 = 849 \text{ мм}$$

1.4 Параметри шнека дозатора

Визначення потужності привода

$$N_{\text{эл.дв.}} = \frac{N_{\text{вых}}}{\eta_n^2 \cdot \eta_{\text{муф}} \cdot \eta_{\text{прив}} \cdot \eta_{\text{упл}}},$$

де $N_{\text{эл.дв.}}$ – потужність, що споживає привід, $\text{кВт};$

$N_{вих}$ - потужність, споживана на перемішування, кВт;

n_n - ККД підшипників, на яких кріпиться вал шнека, $n_n = 0,91 \dots 0,99$;

$n_{муф}$ - ККД, що враховує витрати на компенсаційних муфтах, $n_{муф} = 0,99$;

$n_{прив}$ ~ ККД механічної частини привода, $n_{прив} = 0,85 \dots 0,97$;

$n_{упл}$ - ККД, що враховує витрати потужності в ущільненні, $n_{упл} = 0,96 \dots 0,98$.

$$N_{эл, дв} = \frac{2,4}{0,99^2 \cdot 0,99 \cdot 0,9 \cdot 0,97} = 2,833 \text{ кВт}.$$

Вибираємо стандартний по потужності двигун. Номінальний тиск у апараті- 1,6 МПа.

Визначення розрахункового крутного моменту на валу:

$$T' = 9,55 \cdot 10^6 \frac{N_{эл, дв}}{n} \cdot k_d,$$

де k_d - коефіцієнт динамічного навантаження

$$k_d = 1,2$$

$$T' = 9,55 \cdot 10^6 \frac{2,833}{630} \cdot 1,2 = 51,539 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначення діаметра вала.

Розмір привода вибираємо по діаметру вала

$$d_s = \sqrt[3]{\frac{T'}{0,2[\tau_{кр}]}}$$

де $[\tau_{кр}]$ – допустима напруга при крученні, МПа.

$$[\tau_{кр}] = 20 \text{ МПа.}$$

$$d_s = \sqrt[3]{\frac{51,539}{0,2 \cdot 20}} = 23,424 \text{ мм}$$

$$d_{\text{станд.}} = 50 \text{ мм по ОСТ 26-01-1225-75.}$$

Стандартний привід за умовами роботи підшипників і найбільш слабких елементів конструкції розрахований на певне допустиме осьове зусилля $[F]$. Чинне осьове зусилля на валу приводу апарату визначається за формулою:

$$F = \pm P \cdot \left(\frac{\pi \cdot d^2}{4} + A_{\text{упл}} \right) - G \pm F_m;$$

$$F_{\text{вверх}} = P_{\text{изб}} \left(\frac{\pi \cdot d^2}{4} + A_{\text{упл}} \right) - G + F_m;$$

$$F_{\text{вниз}} = -(P_{\text{атм}} - P_{\text{ост}}) \cdot \left(\frac{\pi \cdot d^2}{4} + A_{\text{упл}} \right) - G - F_m;$$

де d – діаметр вала в зоні ущільнення;

$A_{\text{упл}}$ – додаткова площа ущільнення, м;

G – маса частин приводу;

F_m – осьова складова сили взаємодії шнека з робочою середою;

$$G = (m_v + m_{\text{меш}} + m_{\text{муф}}) \cdot g$$

$$m_v = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \rho \cdot L_v.$$

де m_v – маса вала;

$m_{\text{шнека}}$ – маса шнека, $m_{\text{шнека}} = 5 \text{ кг}$.

$m_{\text{муф}}$ – маса муфти, $m_{\text{муф}} = 15,8 \text{ кг}$.

L_v – довжина вала;

ρ – густина сталі, $\rho = 7,85 \cdot 10^3 \text{ кг/см}^3$.

$$L_{\text{с}} = H_{\text{кор}} + h_1 + l_2 + 30 - h_{\text{м}}.$$

$$h_{\text{м}} = d_{\text{м}} = 200 \text{ мм}$$

$$L_{\text{с}} = 500 + 320 + 250 + 30 - 200 = 900 \text{ мм.}$$

$$m_{\text{с}} = \frac{3,14 \cdot 0,05^2}{4} \cdot 7,85 \cdot 10^3 \cdot 1,9 = 29,27 \text{ кг.}$$

$$G = (29,27 + 1,5 + 15,8) \cdot 9,81 = 456,858 \text{ Н.}$$

Осьову складову сили взаємодії шнека з робочою середою знаходимо за формулою:

$$F_{\text{м}} = 0,56 \cdot \frac{T'}{d_{\text{м}}} = 0,56 \cdot \frac{51,539}{0,2} = 144,309 \text{ Н.}$$

$$F_{\text{вверх}} = 0,85 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 50^2}{4} + 2500 \right) - 456,858 + 144,309 = 2258,488 \text{ Н}$$

$$F_{\text{вниз}} = -(0,1 - 0,02) \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 50^2}{4} + 2500 \right) - 456,858 - 144,309 = -244,167 \text{ Н}$$

Зрівнюємо отримані значення сил $P_{\text{вверх}}$ та $P_{\text{вниз}}$ з допустимим навантаженням [F]:

$$2258,488 \text{ Н} < 2500 \text{ Н}$$

$$-244,167 \text{ Н} < 2500 \text{ Н}$$

1.5 Параметри стрічки транспортера

Транспортер слугує для знімання та відведення брикетів від формуючого столу. Транспортер з'єднується з агрегатом шестернею. З формуючого столу брикети подаються на перегортувач, який перегортає брикети загорнутою стороною донизу, щоб при транспортуванні вони не розгорталися.

Вибір швидкості руху брикету:

Приймаємо $v = 0,5$ м/с

Вибір конструкції опори стрічки.

Приймаються роlikоопори жолобчастої форми, з метою збільшення продуктивності транспортера.

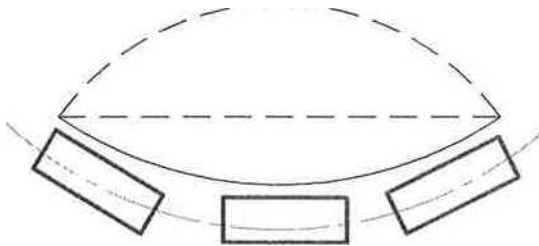


Рисунок 1.1 Жолобчата роlikова опора.

Визначення ширини стрічки з умови забезпечення заданої продуктивності.

Для конвеєра з жолобчастою формою роlikоопір з кутом нахилу бокових роликів 20° ширина стрічки за формулою:

$$B = \sqrt{\frac{Q}{36\rho v(4.35 + 16 \tan \varphi * C)}}$$

де Q - масова продуктивність, кг/год;

V - швидкість руху стрічки, м/с;

C - коефіцієнт, що враховує зменшення продуктивності в куті нахилу транспортера до горизонту, для $\beta = 0^\circ$ $C = 0.9$

ρ - густина вантажу, т/м³;

ϕ - кут природного відкосу вантажу при русі;

$$B = \sqrt{\frac{15}{36 \cdot 0,8 \cdot 0,5 (4,35 + 16 \tan 10,5 \cdot 0,9)}} = 170 \text{ мм}$$

Приймаємо тип стрічки, число її прокладок і міцність тканини однієї прокладки

Приймаємо товщину прокладки :

$b_0 = 1,4$ мм , товщина гумових прокладок з робочого боку

$b_1 = 2$ мм, з неробочої сторони

$b_2 = 1,0$ мм.

Матеріал стрічки БКНЛ - 65.

Визначає товщину гумовотканинної стрічки

$$b = b_0 + b_1 + b_2,$$

де i - число прокладок; приймаємо $i = 3$

S_0 - товщина прокладки; s_1 - товщина гумової обкладки з робочої сторони стрічки; s_2 - товщина гумової прокладки з опорної сторони стрічки.

$$b = 3 \cdot 1,4 + 2 + 1 = 7,2 \text{ мм}$$

Визначаємо погонні маси вантажу та стрічки:

$$q_z = \frac{Q}{3,6 \cdot V},$$

$$q_{\pi} = \rho_{\pi} \cdot \delta \cdot B,$$

де $\rho_{\text{л}}$ - щільність стрічки, кг/м^3 . Приймаємо

$$\rho_{\text{л}} = 1200 \text{ кг/м}^3.$$

$$q_z = \frac{15}{3.6 * 0.5} = 8.33 \text{ кг/м}$$

$$q_{\text{л}} = 1200 * 7,2 * 10^{-3} * 0,4 = 3,5 \text{ кг/м}$$

Визначення поганих мас обертових частин роlikоопіра:

Для робочої ланки транспортера:

$$q_{pp} = \frac{G_p}{l_p}, (1.5)$$

де G_p - маса ролика робочої ланки;

l_p - відстань між роliками.

Для неробочої (холостої) ланки:

$$q_{px} = \frac{G_x}{l_x}, (1.6)$$

де G_x - маса ролика робочої ланки;

l_x - відстань між роliками.

Приймаємо: $G_p = 10,5 \text{ кг}$

Приймаємо: $G_x = 10,5 \text{ кг}$

Приймаємо: $l_p = 0,4 \text{ м}$ $l_x = 0,8 \text{ м}$

$$q_{pp} = \frac{10,5}{0,4} = 26,3 \text{ кг/м}$$

$$q_{px} = \frac{7,7}{0,8} = 9,6 \text{ кг/м}$$

Визначення сил опору руху по ділянкам транспортера.

Опір руху на горизонтальній ділянці робочої ланки:

$$W_2 = g \cdot l_1 \cdot \omega_p (q_{\lambda} + q_z + q_{pp})$$

де ω_p – коефіцієнт опору руху робочої ланки.

Приймаємо $\omega_p = 0,04$

$$W_2 = 9,81 \cdot 1,2 \cdot 0,04(1,7 + 3,5 + 26,3) = 148H$$

Опір руху неробочої ланки на горизонтальній ділянці:

$$W_5 = g \cdot l_1 (q_{\lambda} + q_{px}) \cdot \omega_x (1.12)$$

$$W_5 = 9,81 \cdot 1,2(3,5 + 9,6) \cdot 0,035 = 5,4H$$

Визначення натягу стрічки у характерних точках транспортера методом обходу по контуру.

Для визначення

зусиль натягу стрічки обхід по контуру рекомендується починати з точки де діє зусилля натягу з приводного барабана ланки стрічки(т.1), тобто $F_1 = F_{нб}$.

$$F_2 = F_1 - W_4$$

$$F_2 = F_1 - 31$$

Умова рівноваги в точці 2.

Натяг стрічки в точці 3:

$$F_3 = F_2 C_1$$

де C_1 - коефіцієнт, що

враховує опір на перегин стрічки при огинанні натяжної барабана і тертя в підшипниках. Для барабана з кутом обхвату стрічкою $< 90^\circ$.

$$C_1 = 1,03 \dots 1,05.$$

$$F_3 = (F_1 - 31) \cdot 1,03 = 1,03F_1 - 32$$

Натяг стрічки в точці 4:

$$F_4 = F_3 + W_5$$

$$F_4 = 1,03F_1 - 32 + 54 = 1,03F_1 - 26,6$$

Натяг стрічки в точці 5:

$$F_5 = F_4 C_2,$$

де C_2 - коефіцієнт, що враховує опір на перегин стрічки при огибанні натяжної барабана і тертя в підшипниках. Для барабана з кутом обхвату стрічкою $> 180^\circ$. $C_2 = 1,06 \dots 1,1$.

$$F_4 = (1,03F_1 - 26,6) 1,08 = 1,1F_1 - 28,8$$

*

Натяг стрічки в точці 6:

$$F_6 = F_5 + W_1 + W_2$$

$$F_6 = 1,1F_1 - 28,8 + 10,4 + 14,8 = 1,1F_1 - 3,6$$

Натяг стрічки в точці 7:

$$F_7 = F_6 + W_3$$

$$F_7 = 1,1F_1 - 3,6 + 127 = 1,1F_1 + 123,4$$

F_1 і F_7 визначають із залежності Л. Ейлера:

$$F_{нб} = F_{сб} \cdot e^{f\alpha},$$

де e – експонента; f – коефіцієнт тертя між стрічкою і барабаном; приймаємо $f = 0,25$.

α – кут обхвату стрічкою приводного барабана;

приймаємо $\alpha = \pi$.

Об'єднавши результати обчислень визначаємо зусилля F_1 і F_7 .

$$F_7 = F_1 \cdot e^{f\alpha}$$

$$F_7 = 1,1F_1 + 123,4$$

$$F_1 \cdot e^{f\alpha} = 1,1F_1 + 123,4$$

$$F_1 = \frac{123,4}{e^{f\alpha} - 1,1} = \frac{123,4}{e^{0,25\pi} - 1,1} = 123H$$

$$F_7 = F_1 \cdot e^{f\alpha} = 123 \cdot e^{0,25\pi} = 270H$$

$$F_5 = 1,1 \cdot F_1 - 28,8 = 1,1 \cdot 123 - 28,8 = 107H$$

$$F_4 = 1,03 \cdot F_1 - 26,6 = 1,03 \cdot 123 - 26,6 = 100H$$

Визначення окружної сили на приводних барабанах

$$F_t = F_{нб} - F_{сб} = F_7 - F_1$$

$$F_t = 270 - 123 = 147 \text{ Н}$$

Перевірка запасу міцності стрічки

$$S = \frac{iBF_{\text{разр}}}{F_{нб}} > [S]$$

де i - число прокладок стрічки;

Гразр-розривне зусилля однієї прокладки стрічки, що припадає на одиницю її ширини;

$[S]$ - дозволений запас міцності стрічки.

Рекомендується $[S] = 9 \dots 12$

Гразр = 65 для стрічки БКНЛ - 65.

$$S = \frac{3 \cdot 400 \cdot 65}{270} = 289 > [S] = 10$$

5

Перевірка провисання стрічки на проміжках між роликами для робочої ланки:

$$f_p = \frac{(q_s + q_n) \cdot l_p^2 \cdot g}{8F_s} \leq [f_p] \quad (1.22)$$

де l_p - відстань між роликами робочої ланки;

$[f_p]$ - допустиме значення провисання стрічки робочої ланки. Приймаємо $[f_p] = 0,03 \text{ м}$.

$$f_p = \frac{(1,7 + 3,5) \cdot 0,4^2 \cdot 9,81}{8 \cdot 107} = 0,01 \text{ м} < [f_p] = 0,03 \text{ м}$$

Для холостої ланки:

$$f_x = \frac{q_x \cdot l_x^2 \cdot g}{8 \cdot F_4} \leq [f_x] \quad (1.23)$$

де l_x - відстань між роликами холостої ланки;
 $[f_x]$ - допустиме значення провисання стрічки холостої ланки.

Приймаємо $[f_x] = 0,03$ м.

$$f_x = \frac{3,5 \cdot 0,8^2 \cdot 9,81}{8 \cdot 100} \leq 0,027 \text{ м} < [f_p] = 0,03 \text{ м}$$

1.6 Потужність приводу транспортера

Визначаємо потужність приводу транспортера та вибираємо електродвигун:

$$\frac{P_{\Sigma} \cdot K_{\mu} \cdot K_{\epsilon}}{n}$$

де K_{μ} - коефіцієнт, який враховує витрати потужності для подолання сил інерції при пуску;

$$K_{\mu} = 1,2 \dots 1,25$$

K_{ϵ} — коефіцієнт, який враховує втрати потужності на перегин стрічки на приводному барабані тертя в опорах;

$$K_{\epsilon} = 1,1 \dots 1,25$$

n - ККД передаточного механізму приводу, $\eta = 0,85 \dots 0,9$

$$P_g = \frac{0,147 \cdot 2,5 \cdot 1,2 \cdot 1,12}{0,87} = 0,6 \text{ кВт}$$

Приймаємо електродвигун серії 4А :

4АС 71 А4 УЗ.

$$P_g = 0,6 \text{ кВт}$$

$$n_g = 1350 \text{ мин}^{-1}$$

$$I_p = 0,0052 \text{ кг} \cdot \text{м}^3$$

Визначення діаметру приводного барабану для гумових стрічок:

$$D_{нб} = i \cdot K ,$$

де K – коефіцієнт діаметра барабана $K = 125 \dots 140$.

$$D_{нб} = 3 \cdot 130 = 390 \text{ мм}$$

Приймаємо $D_{нб} = 400 \text{ мм}$

Визначення передаточного числа привода і вибір редуктора.

$$U = \frac{n_g}{n_б} ,$$

де n_g и $n_б$ – частота обертання, двигуна та барабана відповідно.

$$n_б = \frac{v}{\pi D_б} = \frac{2,5 \cdot 60}{\pi \cdot 0,4} = 119 \text{ мин}^{-1}$$

$$U = \frac{1350}{119} = 11,3$$

Приймаємо редуктор типу Ц2 :

Ц2У – 125

$$U_p = 12,5$$

$$T_{тр} = 500 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$\eta_p = 0,97$$

Перевірка по передаточному числу:

$$\Delta U = \frac{U_p - U}{U} \cdot 100 = \frac{12,5 - 11,3}{11,3} \cdot 100 = 10,2\% < 15\%$$

$$T_{\phi} = \frac{F_t \cdot D_{\phi}}{2 \cdot \eta_{\phi}} = \frac{147 \cdot 0,4}{2 \cdot 0,98} = 30 \text{ H} \cdot \text{м}$$

$$T_{pm} = 500 \text{ H} \cdot \text{м} > T_{\phi} = 30 \text{ H} \cdot \text{м}$$

1.7 Розрахунок тягового пристрою

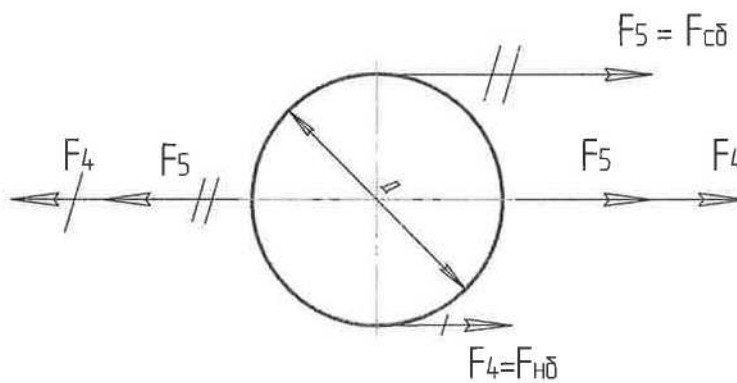


Рисунок 1.2. Розрахункова схема

$$T = F_5 \cdot \frac{D_H}{2} - F_4 \cdot \frac{D_H}{2} = (F_5 - F_4) \frac{D_H}{2}$$

$$D_H = 0,8 \cdot D_{\phi} = 0,8 \cdot 400 = 320 \text{ мм}$$

$$T = (107 - 100) \frac{320}{2} = 1120 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Сумарне зусилля:

$$F_{\text{сум}} = F_4 + F_5 = 107 + 100 = 207$$

На натяжний пристрій діє обертаючий момент T і сила $F_{\text{сум}}$, що згинає вал.

На натяжний пристрій діє обертаючий момент T та сила яка згинає вал $F_{\text{сум}}$

З формули для винтового натяжного пристрою знаходимо зусилля затягування гвинта:

$$F_{\text{зат}} = K_{\text{зат}} \cdot F_b,$$

де $K_{\text{зат}}$ – коефіцієнт затяжки, $K_{\text{зат}} = 3,5 \dots 4,5$

F_b – зусилля на винт натяжного пристрою;

$$F_b = \frac{F_{\text{сум}}}{2} = \frac{207}{2} = 103,5 \text{ Н},$$

$$F_{\text{зат}} = 4 \cdot 103,5 = 414 \text{ Н}$$

Розрахункове зусилля на гвинт:

$$F_p = 1,3 F_{\text{зат}} + \chi F_b,$$

де χ – коефіцієнт зовнішньої напруги. Приймаємо: $\chi = 0,3$,

$$F_p = 1,3414 + 0,3 \cdot 103,5 = 569H$$

Умова міцності на розтяг гвинта:

$$\sigma_p = \frac{F_p \cdot 4}{\pi d_1^2} \leq [\sigma],$$

де $[\sigma] = 80 \dots 100 \text{ МПа}$;

d_1 – внутрішній діаметр різьби.

З умови міцності на розтяг гвинта визначаємо внутрішній діаметр різьби :

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4F_p}{\pi[\sigma]}} \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 569}{\pi \cdot 80}} = 3 \text{ мм}$$

Приймаємо гвинт М12

$d_1 = 10.106 \text{ мм}$,

$d = 12 \text{ мм}$.

2. Розрахунки на міцність

2.1 Шнек завантажувача

Отримані в результаті параметричного і геометричного розрахунків розміри черв'яка перевіряються на міцність.

Завданням розрахунку на міцність є:

- а) визначення розрахункової напруги в небезпечних перетинах;
- б) визначення максимального розрахункового прогину черв'яка;

Залежно від довжини черв'яка розрахунок на міцність проводиться по одному з двох варіантів розрахунку.

У першому варіанті приймається, що подовжній вигин відсутній, розрахунок проводиться на кручення, стиснення і вигин черв'яка.

У другому варіанті допускається наявність подовжнього вигину, і тому крім розрахунків, виконаних по першому варіанту, додатково проводимо розрахунок на подовжньо-поперечний вигин від осьового зусилля і власної ваги черв'яка.

Критерієм для вибору необхідного варіанту розрахунку є гнучкість черв'яка.

При $\lambda < 50$ - розрахунок продуктивності по першому варіанту

При $\lambda > 50$ - розрахунок продуктивності по другому варіанту.

Виходячи з вимог, пред'явлених до матеріалів, з яких виготовляють черв'яки, вибираємо матеріал черв'яка сталь нержавіюча 12Х18Н10Т ГОСТ 5582-72 (високолегована й $\delta = 0.4 \dots 0.6 \text{ мм}$, HRA 70-76)

$\sigma_v = 380-450$ Мпа - межа міцності

$\sigma_t = 300-400$ Мпа - межа текучості

$E = 2.04 \times 10^5$ Мпа - модуль Юнга

$\lambda = 7.82 \times 10^{-4}$ Н/м³ - питома вага

На черв'як діє сила P , обертаючий момент $M_{кр}$ і рівномірно розподілене навантаження σ від власної ваги черв'яка. Сили P і σ викликають прогин черв'яка. Вал черв'яка виконаний з отвором для підведення охолоджуючої рідини. Обертаючий момент:

$$M_{кр} = 973.6 \cdot \frac{N}{n} = 973.6 \cdot \frac{12.16}{20} = 592.3 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де: N - потужність приводу,

n - число оборотів черв'яка в хвилину.

Осьове зусилля P визначається по формулі:

$$P = F \cdot p,$$

де: F - площа тиску,

p - питомий тиск матеріалу в головці.

Для визначення розрахункової схеми заздалегідь перевіримо черв'як на гнучкість за формулою:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot L}{i},$$

де: μ - коефіцієнт, залежний від способу закріплення черв'яка,

L - довжина черв'яка,

i - радіус інерції перетину, визначуваний по формулі:

$$i = \sqrt{\frac{J}{F}},$$

де: J - момент інерції поперечного перетину А-А:

$$J = \frac{\pi \cdot D^4}{64} \cdot (1 - \alpha^4),$$

F - площа поперечного перетину черв'яка А-А:

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot (1 - \alpha^2),$$

де: α - відношення діаметрів,

D - зовнішній діаметр черв'яка,

d - внутрішній діаметр черв'яка, для підведення охолодженої води.

$$\alpha = \frac{d}{D} = \frac{2,5}{7} = 0,36,$$

$$J = \frac{3,14 \cdot 7^4}{64} \cdot (1 - 0,26^4) = 123 \text{ см}^4,$$

$$F = \frac{3,14 \cdot 7^2}{4} \cdot (1 - 0,26^2) = 21,5 \text{ см}^2,$$

$$i = \sqrt{\frac{123}{21,5}} = 3,4 \text{ см},$$

$$\lambda = \frac{2 \cdot 335,5}{3,4} = 107,5$$

$$P = 21,5 \cdot 123 = 26,5 \text{ кН},$$

Максимальна дотична напруга на поверхні черв'яка:

$$\tau = \frac{M_{kp}}{W},$$

Де W - полярний момент опору

$$W = \frac{\pi \cdot D^3}{16} \cdot (1 - \alpha^4) = \frac{3.14 \cdot 7^3}{16} \cdot (1 - 0.26^4) = 47,6 \text{ см}^3,$$

$$\tau = \frac{5922.3}{47,6} = 6 \text{ МПа}$$

$[\tau] = 145 \text{ МПа}$ - допустима напруга на кручення для матеріалу черв'яка

$$\tau \leq [\tau].$$

Максимальна напруга виникатиме в місці затискання валу.

Напруга стиснення, що виникає в перетині черв'яка:

$$\sigma = \frac{P}{F} + \frac{M_{\text{imax}}}{W_{\text{HO}}},$$

де: M_{imax} - максимальний вигинаючий момент:

$$M_{\text{imax}} = \frac{\gamma \cdot L^2 \cdot F}{2},$$

де: γ - питома вага матеріалу черв'яка

W_{HO} - осьовий момент опору щодо нейтральної осі:

$$W_{\text{HO}} = \frac{\pi \cdot D^3}{32} \cdot (1 - \alpha^4) = \frac{3.14 \cdot 7^3}{32} \cdot (1 - 0.26^4) = 32,7 \text{ см}^3,$$

$$M_{\text{imax}} = \frac{7.82 \cdot 10^{-4} \cdot 39,54 \cdot 335,5^2}{2} = 1740 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{8090,6}{39,54} + \frac{1740}{32,7} = 25,78 \text{ МПа}.$$

Еквівалентна напруга, що виникає в небезпечному перетині черв'яка, по третій теорії міцності, при обліку напруги стиснення і кручення:

$$\sigma_{\text{екв}} = \sqrt{\sigma_{\text{сж}}^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{25,78^2 + 4 \cdot 6^2} = 27,3 \text{ МПа}.$$

$[\sigma] = 200 \text{ МПа}$ - допустима напруга на розтягування для матеріалу черв'яка, $\sigma_{\text{екв}} \leq [\sigma]$.

У цьому варіанті розрахунку необхідно також встановити максимальне прогинання від розподіленого навантаження q по формулі:

$$\int_{\text{max}} = \frac{q \cdot L}{K^3 \cdot E \cdot I} \cdot \left(K \cdot L + \frac{K^3 \cdot L^3}{3} \right) - \frac{q}{K^4 \cdot E \cdot I} \cdot \left(\frac{K^2 \cdot L^2}{2} + \frac{5 \cdot K^4 \cdot L^4}{24} \right) - \frac{q \cdot L^2}{2 \cdot E \cdot K^2 \cdot I}$$

де: q - інтенсивність рівномірно розподіленого навантаження:

$$q = \frac{Q}{L} = \frac{\gamma \cdot \rho \cdot D^2}{4} \cdot (1 - \alpha^4) = \frac{7,82 \cdot 10^{-4} \cdot 3,14 \cdot 0,7^2}{4} \cdot (1 - 0,26^2) = 1,37 \cdot 10^{-5} \text{ Н / м}$$

K - допоміжний параметр, що визначається по формулі:

$$K = \sqrt{\frac{N}{E \cdot I}} = \sqrt{\frac{2,3 \cdot 10^{-5}}{2,04 \cdot 10^{-5} \cdot 77,13}} = 0,12$$

N – найменше значення критичної осьової сили, при якій можлива поява подовжнього вигину:

$$N = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{4 \cdot L^2} = \frac{3.14^2 \cdot 2.04 \cdot 10^5 \cdot 77.13}{4 \cdot 163.8^2} = 2.3 \cdot 10^5 \text{ H}$$

L_1 - вільна довжина черв'яка.

$$\begin{aligned} \int_{\max} = & \frac{2.31 \cdot 10^{-12} \cdot 163.8}{0.12^3 \cdot 2.04 \cdot 10^5 \cdot 77.13} \cdot \left(0.12 \cdot 163.8 + \frac{0.12^3 \cdot 163.8^3}{3} \right) - \\ & - \frac{2.1 \cdot 10^{-12}}{0.12^4 \cdot 2.04 \cdot 10^5 \cdot 77.13} \cdot \left(\frac{0.12^2 \cdot 163.8^2}{2} + \frac{5 \cdot 0.12^4 \cdot 163.8^4}{24} \right) - \\ & - \frac{2.3 \cdot 10^{-12} \cdot 163.8^2}{2 \cdot 2.04 \cdot 10^5 \cdot 77.13 \cdot 0.12} = 0.012 \text{ см}, \end{aligned}$$

$$f_{\max} \leq [f_{\text{расч}}].$$

2.2 Вибір муфти транспортера.

Розрахунковий момент муфти:

$$T_{pm} = K_1 \cdot K_2 \cdot T_n$$

$$T = F \frac{D}{2} - F_1 \frac{D}{2} = (F_7 - F_1) \frac{D}{2} = F_t \cdot \frac{D}{2} = 147 \left(\frac{0,4}{2} \right) = 29,4 \text{ H} \cdot \text{м}$$

$$F_{\text{сум}} = F_7 + F_1 = 270 + 123 = 393 \text{ H}$$

$$F_M = F_{tm} (0,2 \dots 0,5) = 0,2 \cdot 1115 = 223 \text{ H}$$

Розрахункова схема у вигляді балки на шарнірних опорах.

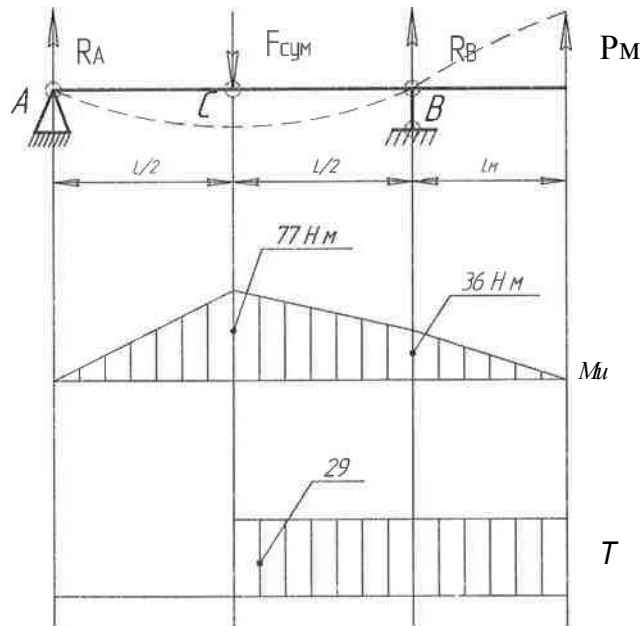


Рисунок 22. Епюра згинальних та обертаючих моментів

Приймаємо:

$$l_M = 162 \text{ мм}; l = 600 \text{ мм}$$

Сума моментів відносно точки В.

$$\sum M_B = R_A \cdot l - F_{\text{сум}} \cdot \frac{l}{2} - F_M \cdot l_M$$

$$R_A = \frac{F_{\text{сум}} \cdot l}{2 \cdot l} + \frac{F_M \cdot l_M}{l} = \frac{393}{2} + \frac{223 \cdot 0.162}{0.600} = 257 \text{ H} \cdot \text{м}$$

$$T_n = T_{\delta} = 30 H \cdot m;$$

$$K_1 = 1,2; K_2 = 1,1$$

$$T_{pm} = 1,2 \cdot 1,1 \cdot 30 = 39,6 H \cdot m$$

Приймаємо муфту типу МУВП

$$D = 100 \text{ мм}$$

$$D_1 = 71 \text{ мм}$$

Окружне зусилля, яке передає муфта

$$F_{\text{тм}} = \frac{2 \cdot T_{pm}}{D_1} (1.31)$$

$$F_{\text{тм}} = \frac{2 \cdot 39,6}{0,071} = 1115 H$$

Сили, що діють на вал.

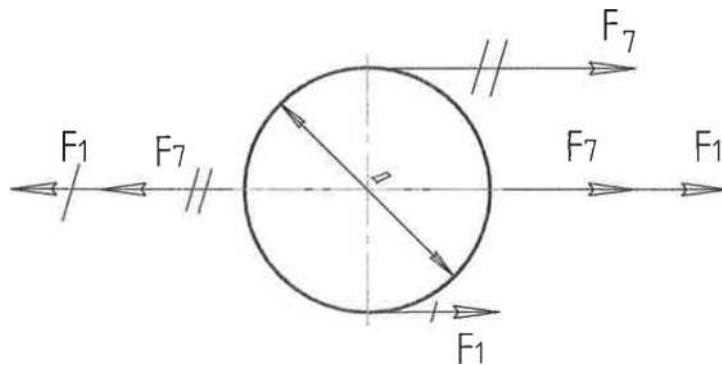


Рисунок 2.1. Розрахункова схема

Сума моментів відповідно точки А.

$$\sum M_A = -R_B \cdot l + F_{\text{сум}} \cdot \frac{l}{2} - F_M \cdot (l_M + l)$$

$$R_B = \frac{F_{\text{сум}} \cdot l}{2 \cdot l} - \frac{F_M \cdot (l_M + l)}{l} = \frac{393}{2} + \frac{223 \cdot (0.600 + 0.162)}{0.600} = -87 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Перевірка:

$$\sum Y = R_A - F_{\text{сум}} + R_B + F_M = 257 - 393 + (-87) + 223 = 0$$

Згинальний момент в точці В дорівнює:

$$M_{\text{вВ}} = F_M \cdot l_M = 223 \cdot 0.162 = 36 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Згинальний момент в точці А дорівнює:

$$M_{\text{вА}} = R_A \cdot \frac{l}{2} = 257 \cdot \frac{0.6}{2} = 77.1 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Обертаючий момент дорівнює:

$$T = \frac{F_t \cdot D}{2} = \frac{147 \cdot 0.4}{2} = 29 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначення еквівалентного моменту по III теорії міцності.

$$M_{\text{ЭIII}} = \sqrt{M_{\text{н}}^2 + T^2} = \sqrt{77^2 + 29^2} = 82.3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо діаметр вала з умови міцності на прогин.

$$\sigma_u = \frac{M_{\text{зм}}}{W_p} \leq [\sigma]$$

Для вала, виготовленого з матеріалу сталь 45 $[\sigma] = 120$ МПа.

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \approx 0.1d^3$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_{\text{зм}}}{0.1[\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{82.3}{0.1 \cdot 120 \cdot 10^6}} = 0.019 \text{ м} = 19 \text{ мм}$$

2.3 Вибір підшипників транспортера

Вибір підшипників кочення до валу приводного барабана.

Підшипники кочення розраховують по динамічній вантажопідйомності. Найбільш навантажена опора А $R_A > R_B$.

Визначаємо еквівалентне динамічне навантаження за формулою:

$$R_E = (X_v F_r + Y F_a) K_\beta K_T,$$

де Х та У - коефіцієнти радіального і осьового навантажень; $X = 1$.

V - коефіцієнт, який враховує яке кільце обертається. При обертанні внутрішнього кільця; $V = 1$, K_β - коефіцієнт безпеки, $K_\beta = 1,4$;

K_T - температурний коефіцієнт, $K_T = 1$, при нагріві до 100°C ;

B_a - осьове навантаження, Н;

B_r - радіальне навантаження, Нм $P_r = Y_d = 257$ Нм;

$$R_E = F_r K_\phi K_T = 257 \cdot 1.4 \cdot 1 = 360 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Приймаємо підшипники кочення шарикові радіальні.

По діаметру вала беремо підшипники середньої серії (3) 306 для діаметра вала $d = 30$ мм

Підшипник 306 ГОСТ 8338-75

Динамична вантажопідйомність $C_r = 28.1$ кН;

Статична вантажопідйомність $C_{ог} = 14,6$ кН.

Потрібна динамічна вантажопідйомність знаходиться по формулі :

$$C_{TP} = R_E \sqrt[3]{\frac{L}{a_1 \cdot a_2}},$$

де L - номінальна довговічність;

a_1 - коефіцієнт якості,

$a_1 = 1$

a_2 - коефіцієнт, що характеризує спільний вплив на довговічність особливих властивостей металу деталей підшипника і умов його експлуатації

$a_2 = 0,8$.

Номінальна довговічність визначається по формулі:

$$L = \frac{60nL_h}{10^6},$$

де L_h - розрахункова довговічність, ч $L_h = 15000 - 20000$ ч;

n - частота обертання вала, $n = 119$ хв⁻¹.

$$L = \frac{60 \cdot 119 \cdot 20000}{10^6} = 142,8 \text{ ч}$$

$$C_{TP} = 360 \sqrt[3]{\frac{142,8}{1 \cdot 0,8}} = 2,03 \text{ кН}$$

Так як розрахункова динамічна вантажопідйомність більше необхідної, то підшипник 306 придатний.

✱

3.Розрахунок на міцність в графічній програмі SolidWorks

3.1 Вихідні дані для розрахунку

| | | | |
|--------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------------|
| $L1= 760\text{мм}$ | $D1= 102\text{мм}$ | $\alpha_2= 45^\circ$ | $M_{кр}= 259 \text{ Н}\cdot\text{м}$ |
| $L2= 60\text{мм}$ | $D2= 90\text{мм}$ | $b1= 18\text{мм}$ | $F= 2014 \text{ Н}$ |
| $L3= 280\text{мм}$ | $D3= 30\text{мм}$ | $b2= 20\text{мм}$ | $n_{зубців}=10$ |
| $L4= 56\text{мм}$ | $D4= 62\text{мм}$ | $k1= 64\text{мм}$ | |
| $R1= 10\text{мм}$ | $D5= 44\text{мм}$ | $k2= 32\text{мм}$ | |
| $R2= 3\text{мм}$ | $\alpha_1= 10^\circ$ | $k3= 18\text{мм}$ | |

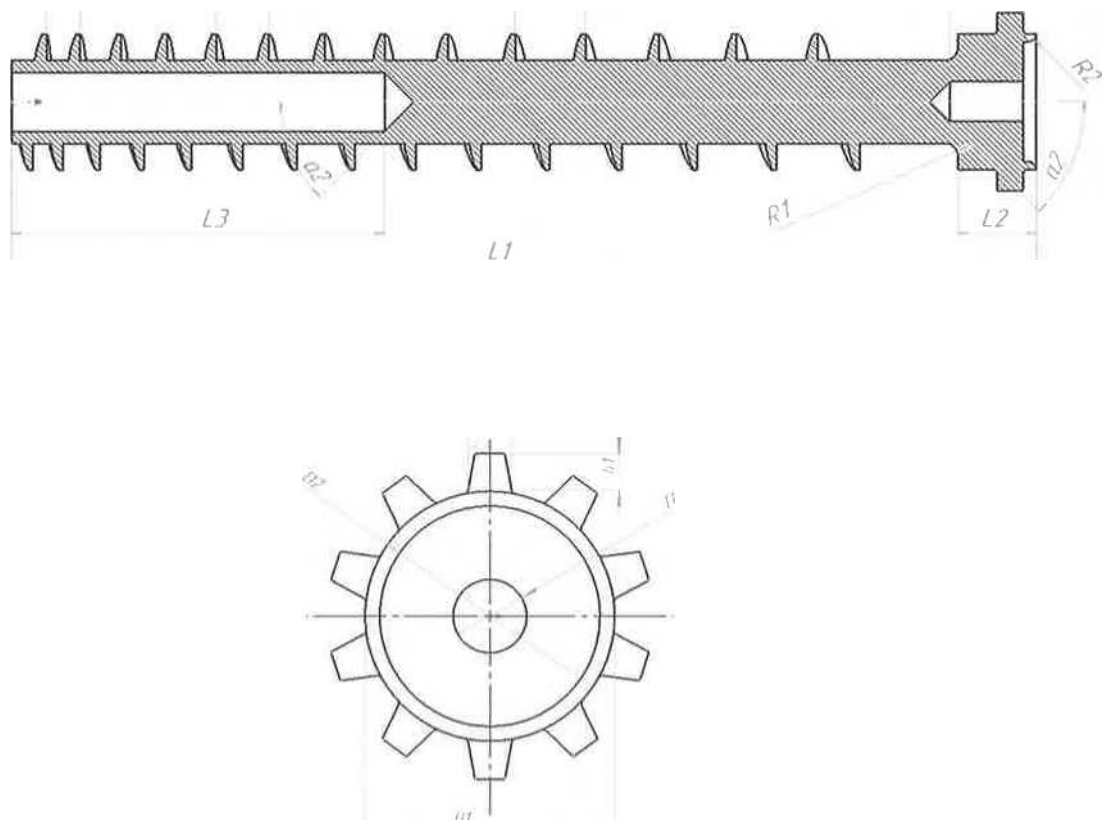


Рисунок 3.1 Ескіз черв'яка дозуючого пристрою

3.2 Побудова розрахункової схеми черв'яка дозуючого пристрою

Побудуємо черв'як дозуючого пристрою за розмірами, заданими у вихідних даних:

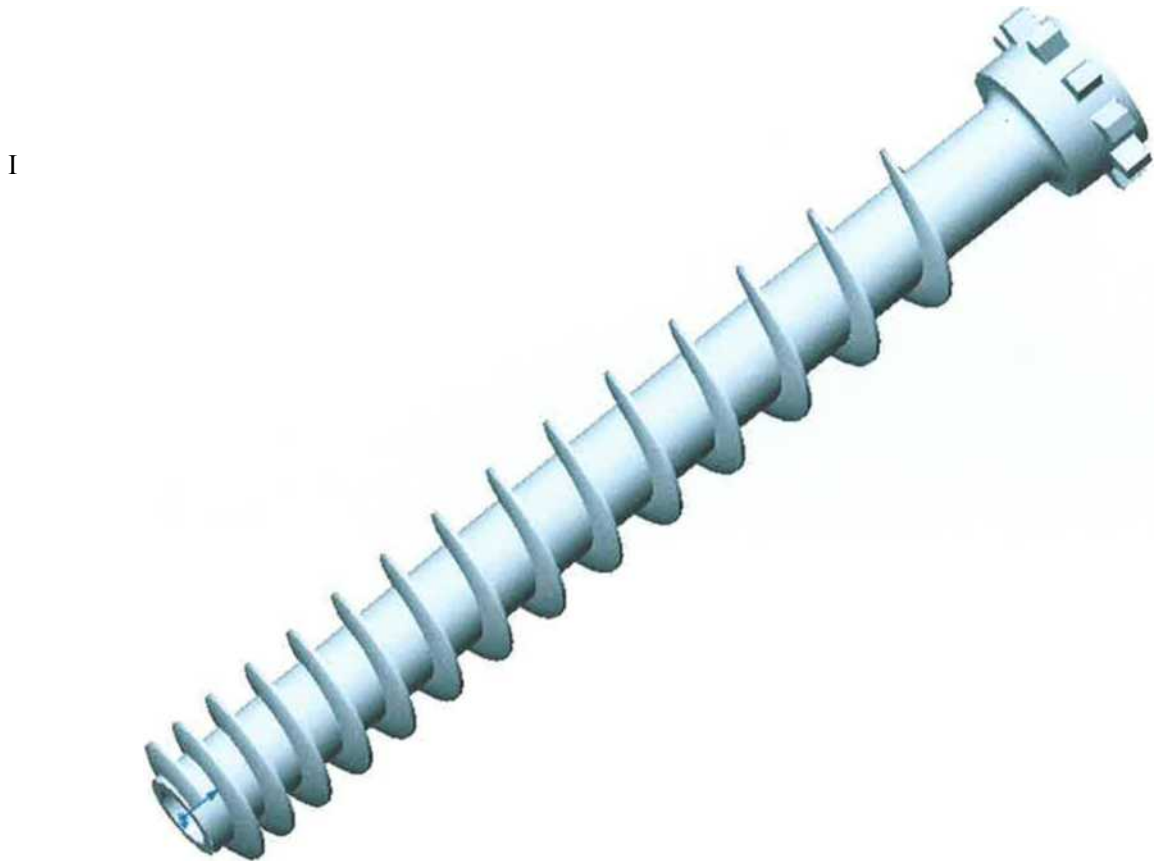


Рисунок 3.2 Розрахункова схема черв'яка

3.3 Нанесення навантажень та закріплень

На побудованому тривимірному ескізі необхідно встановити закріплення та прикласти моменти і сили, що діють на черв'як. Тип закріплень обираємо відповідно до кількості ступенів свободи. На черв'як

діє обертаючий момент $M_{кр.}$, який прикладаємо в місці найбільшого опору обертанню, тобто там, де на вал встановлюється зубчасте колесо. Також на витки черв'яка діє осьова сила B взаємодії з робочою середою, яку прикладаємо перпендикулярно до площини витків черв'яка. Схему нанесення закріплень і навантажень зображено на рисунку 3.3:

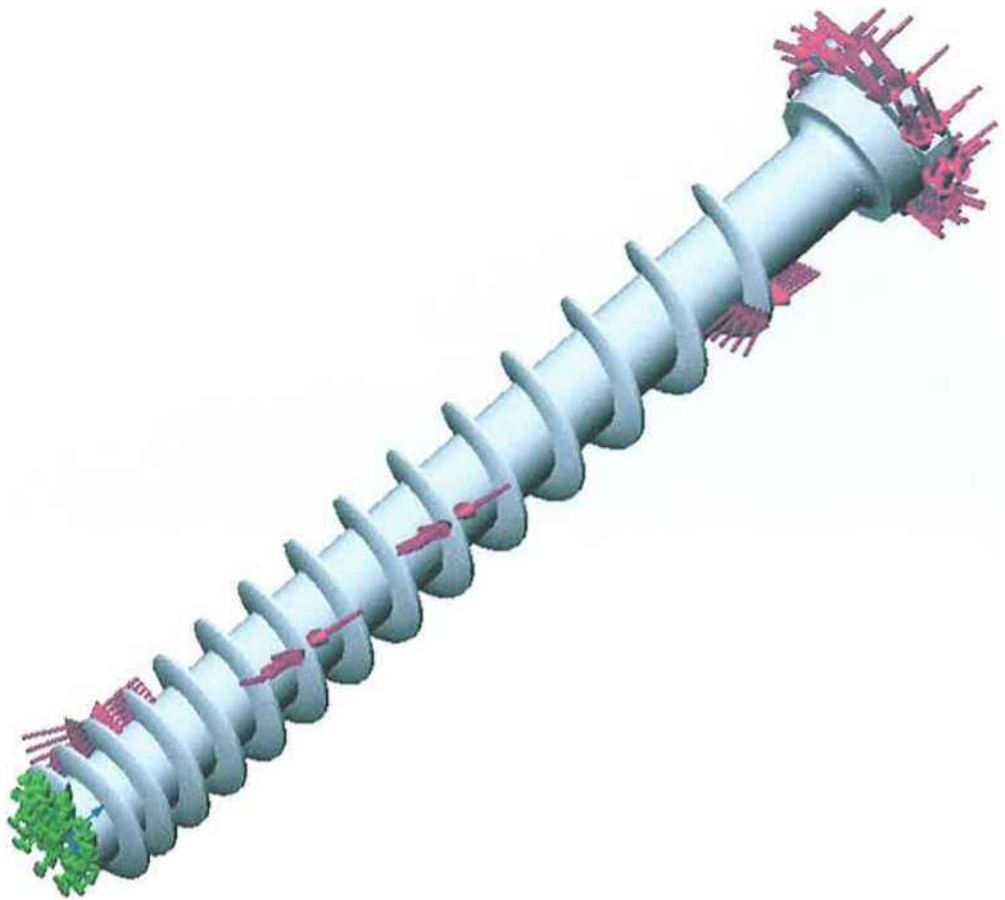


Рисунок 3.3 Схема розміщення навантажень і закріплень

3.4 Задания властивостей матеріалу

Черв'як дозуючого пристрою виготовлено із нержавіючої легованої сталі марки 12X18H10T ГОСТ 5582-72. Задаємо властивості для цього матеріалу:

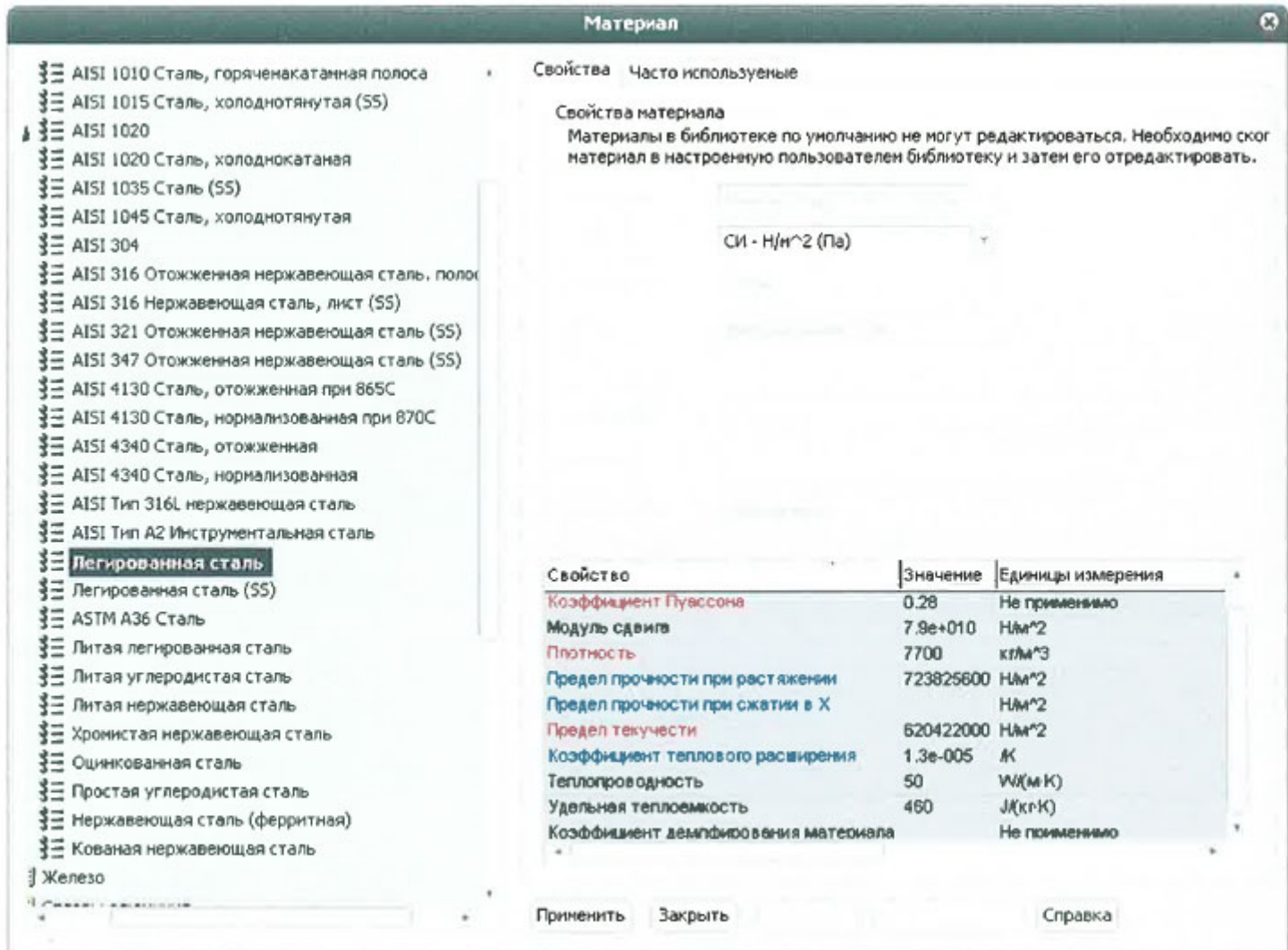


Рисунок 3.4 Властивості матеріалу

3.5 Розрахунок на міцність за допомогою додатку SimulationXpress

Після проведення розрахунку ми отримали епюри напружень, переміщень, деформацій, а також епюру запасу міцності:

Имя модели: Шнек

Имя исследования: SimulationXpress Study

Тип эпюры: Статический узловое напряжение Stress (-vonMises-)

Шкала деформации: 4839.69

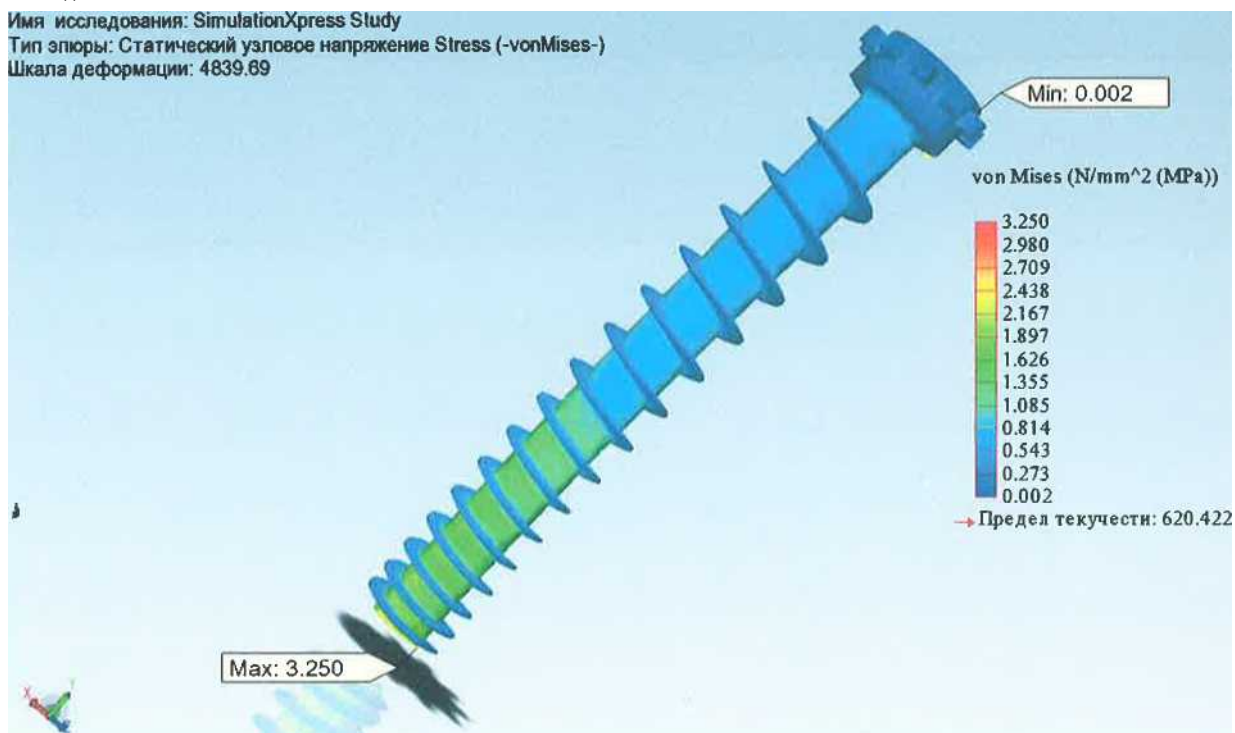


Рисунок 3.5 Епюра напружень

Имя модели: Шнек

Имя исследования: SimulationXpress Study

Тип эпюры: Статическое перемещение Displacement (-Расположение результата-)

Шкала деформации: 4839.69

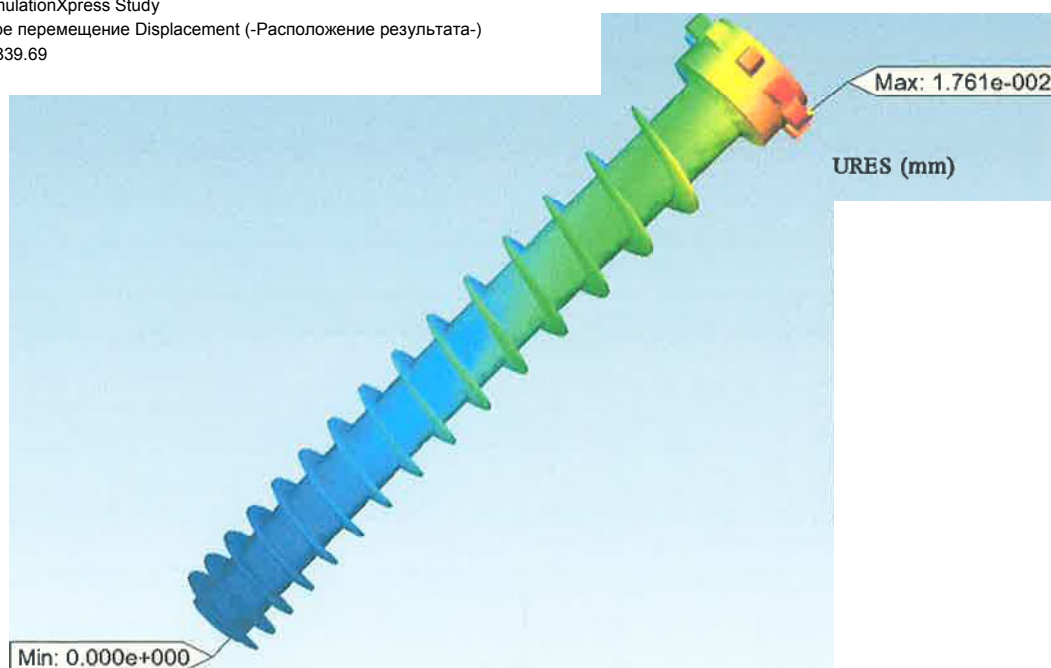
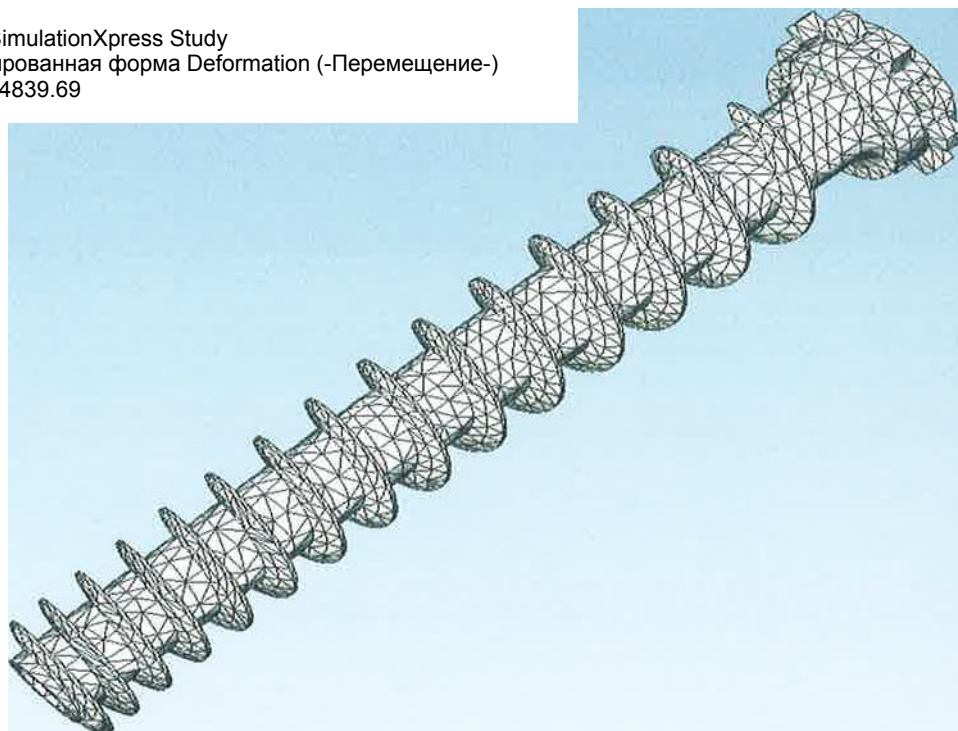


Рисунок 3.6 Епюра переміщень

Имя модели: Шнек
Имя исследования: SimulationXpress Study
Тип эпюры: Деформированная форма Deformation (-Перемещение-)
Шкала деформации: 4839.69



V

Рисунок 3.7 Епюра деформацій

Имя модели: Шнек

Имя исследования: SimulationXpress Study
Тип эпюры: Запас прочности Factor of Safety (-Максимальное напряжение von Mises-)
Критерий : Максимальное напряжение von Mises
Красный < Коэффициент запаса прочности = 1 < Синий

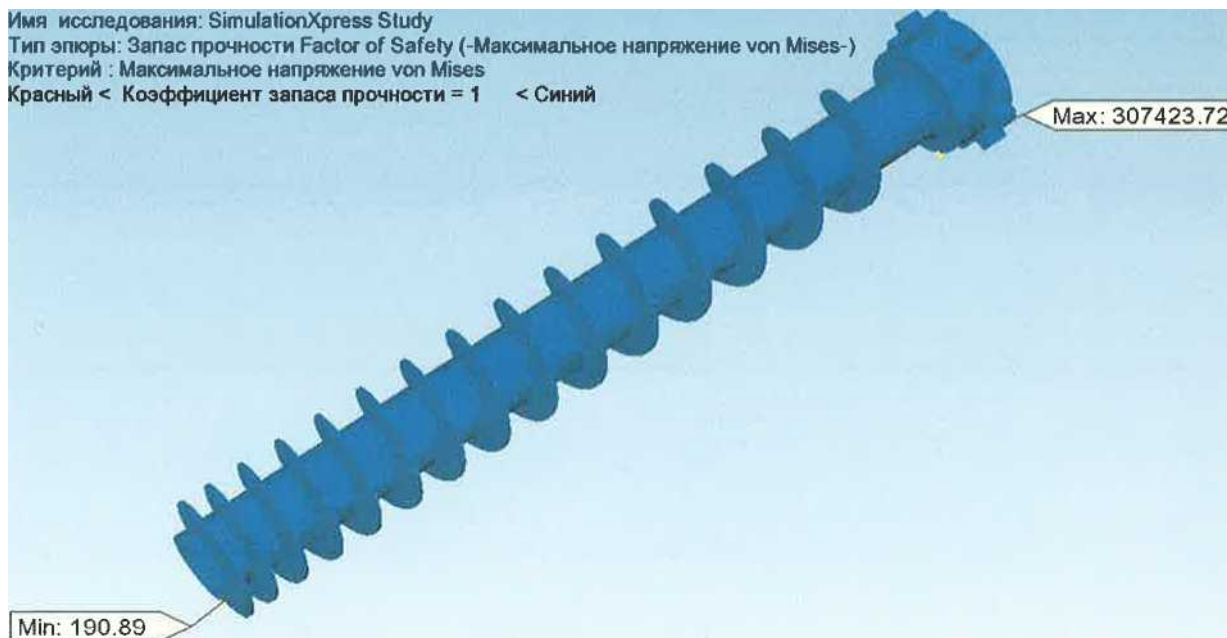


Рисунок 3.8 Епюра запаса міцності

Висновок: у результаті проведених розрахунків можна зробити висновок, що черв'як дозуючого пристрою здатен витримувати задані навантаження, більш того, черв'як має достатній запас міцності, що видно з епюри запасу міцності (по всій поверхні черв'яка коефіцієнт запасу міцності >1 , що свідчить про те, що деталь спроектована вірно). Зазор між черв'яком та гільзою складає 0,14 мм. Як видно з епюри переміщень, максимальне переміщення дорівнює 0,0176 мм, що не перевищує значення зазору.

